

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 9月25日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-279065

[ST.10/C]:

[JP2002-279065]

出 願 人

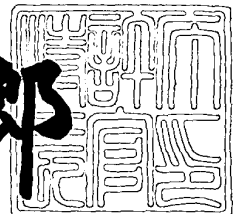
Applicant(s):

セイコーエプソン株式会社

2003年 6月25日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3049877

【書類名】 特許願

【整理番号】 EP-0402401

【提出日】 平成14年 9月25日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/18

【発明者】

 【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

 【氏名】 金子 剛

【発明者】

 【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

 【氏名】 鬼頭 聡

【発明者】

 【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

 【氏名】 平松 鉄夫

【特許出願人】

 【識別番号】 000002369

 【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100090479

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 井上 一

 【電話番号】 03-5397-0891

【選任した代理人】

 【識別番号】 100090387

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 布施 行夫

【電話番号】 03-5397-0891
【選任した代理人】
【識別番号】 100090398
【弁理士】
【氏名又は名称】 大 淵 美 千 栄
【電話番号】 03-5397-0891
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 039491
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9402500
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 面発光型発光素子およびその製造方法、光モジュール、光伝達装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基体と垂直方向に光を出射できる面発光型発光素子であって

前記光が出射する出射面と、

前記出射面上に設けられた土台部材と、

前記土台部材の上面上に設けられた光学部材と、を含む、面発光型発光素子。

【請求項 2】 請求項 1 において、

前記土台部材は、所定波長の光を通過させる材質からなる、面発光型発光素子

【請求項 3】 請求項 1 において、

前記光学部材は、レンズとしての機能を有する、面発光型発光素子。

【請求項 4】 請求項 1 において、

前記光学部材は、偏向素子としての機能を有する、面発光型発光素子。

【請求項 5】 請求項 1 において、

前記光学部材は、円球状または楕円球状である、面発光型発光素子。

【請求項 6】 請求項 1 において、

前記光学部材は、切断円球状または切断楕円球状である、面発光型発光素子。

【請求項 7】 請求項 1 において、

前記光学部材の断面は、円または楕円である、面発光型発光素子。

【請求項 8】 請求項 1 ないし 7 のいずれかにおいて、

前記光学部材は、エネルギーを付加することによって硬化可能な液体材料を硬化させることにより形成された、面発光型発光素子。

【請求項 9】 請求項 8 において、

前記光学部材は、紫外線硬化型樹脂からなる、面発光型発光素子。

【請求項 10】 請求項 1 ないし 9 のいずれかにおいて、

前記光学部材の少なくとも一部を覆うように、封止材が形成されている、面発光型発光素子。

【請求項 1 1】 請求項 1 において、
前記土台部材の上面は、円形または楕円形である、面発光型発光素子。

【請求項 1 2】 請求項 1 において、
前記土台部材の上面は、曲面である、光学部品。

【請求項 1 3】 請求項 1 において、
前記土台部材の上面と、前記土台部材の側部において該上面に接する面とのなす角が鋭角である、面発光型発光素子。

【請求項 1 4】 請求項 1 において、
前記土台部材の上部は、逆テーパ状に形成されている、面発光型発光素子。

【請求項 1 5】 請求項 1 ないし 1 4 のいずれかにおいて、
前記面発光型発光素子は、面発光型半導体レーザである、面発光型発光素子。

【請求項 1 6】 請求項 1 5 において、
前記基体は、半導体基板であり、
前記面発光型半導体レーザは、
前記半導体基板上に形成され、少なくとも一部に柱状部を含む共振器を含み、
前記柱状部の上面に、前記出射面が設置されている、面発光型発光素子。

【請求項 1 7】 請求項 1 5 において、
前記基体は、半導体基板であり、
前記面発光型半導体レーザは、前記半導体基板上に形成された共振器を含み、
前記半導体基板の裏面に、前記出射面が設置されている、面発光型発光素子。

【請求項 1 8】 請求項 1 5 において、
前記基体は、半導体基板であり、
前記面発光型半導体レーザは、前記半導体基板上に形成された共振器を含み、
前記半導体基板の裏面に、凹部が形成され、
前記凹部には、光路調整層が埋め込まれて形成され、
前記光路調整層の上面に、前記出射面が設置されている、面発光型発光素子。

【請求項 1 9】 請求項 1 ないし 1 4 のいずれかにおいて、

前記面発光型発光素子は、半導体発光ダイオードである、面発光型発光素子。

【請求項 2 0】 請求項 1 9 において、
前記基体は、半導体基板であり、
前記半導体発光ダイオードは、
前記半導体基板上に形成された発光素子部と、
前記発光素子部の少なくとも一部を構成する活性層を含む柱状部と、を含み、
前記柱状部の上面に、前記出射面が設置されている、面発光型発光素子。

【請求項 2 1】 請求項 1 6 または 2 0 において、
前記土台部材は、前記柱状部と一体化して形成されている、面発光型発光素子

【請求項 2 2】 請求項 2 1 において、
前記土台部材は、半導体層からなる、面発光型発光素子。

【請求項 2 3】 請求項 1 ないし 1 4 のいずれかにおいて、
前記面発光型発光素子は、E L 素子である、面発光型発光素子。

【請求項 2 4】 請求項 1 6 または 2 0 において、
前記柱状部は、前記土台部材としての機能を有する、面発光型発光素子。

【請求項 2 5】 請求項 1 において、
前記光学部材がレンズとして機能し、かつ、切断円球状であり、
前記光学部材の屈折率と、前記土台部材との屈折率とがほぼ等しく、
前記光学部材の曲率半径 r と、前記出射面から前記光学部材の頂点までの距離 d とが、以下の式 (1) に示す関係を満たす、面発光型発光素子。

$$r \leq 0.34 \times d \quad \text{式 (1)}$$

【請求項 2 6】 請求項 1 ないし 2 5 のいずれかに記載の面発光型発光素子と、光導波路とを含む、光モジュール。

【請求項 2 7】 請求項 2 6 に記載の光モジュールを含む、光伝達装置。

【請求項 2 8】 基体と垂直方向に光を出射できる面発光型発光素子の製造方法であって、

- (a) 出射面を含み、前記発光素子として機能する部分を形成し、
- (b) 前記基体上に土台部材を形成し、

(c) 前記土台部材の上面に対して液滴を吐出して、光学部材前駆体を形成し

(d) 前記光学部材前駆体を硬化させて、光学部材を形成すること、を含む、
面発光型発光素子の製造方法。

【請求項 2 9】 請求項 2 8 において、

前記 (b) において、所定波長の光を通過させる材質にて前記土台部材を形成
する、面発光型発光素子の製造方法。

【請求項 3 0】 請求項 2 8 または 2 9 において、

前記 (c) において、前記液滴の吐出は、インクジェット法により行なわれる
、面発光型発光素子の製造方法。

【請求項 3 1】 請求項 2 8 ないし 3 0 のいずれかにおいて、

前記 (d) において、前記光学部材前駆体の硬化は、エネルギーの付加により
行なわれる、面発光型発光素子の製造方法。

【請求項 3 2】 請求項 3 1 において、

前記 (d) において、前記光学部材前駆体の硬化は、紫外線の照射により行な
われる、面発光型発光素子の製造方法。

【請求項 3 3】 請求項 2 8 ないし 3 2 のいずれかにおいて、

前記 (b) において、前記土台部材の上面と、前記土台部材の側部において該
上面に接する面とのなす角が鋭角になるように、前記土台部材を形成する、面発
光型発光素子の製造方法。

【請求項 3 4】 請求項 2 8 ないし 3 3 のいずれかにおいて、

前記 (b) において、前記土台部材の上部を逆テーパ状に形成する、面発光型
発光素子の製造方法。

【請求項 3 5】 請求項 2 8 ないし 3 4 のいずれかにおいて、

さらに、前記 (c) より前に、(e) 前記液滴に対する前記土台部材の上面の
濡れ性を調整すること、を含む、面発光型発光素子の製造方法。

【請求項 3 6】 請求項 2 8 ないし 3 5 のいずれかにおいて、

さらに、(f) 前記光学部材の少なくとも一部を封止材で覆うこと、を含む、
面発光型発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、面発光型発光素子およびその製造方法、ならびに該面発光型発光素子を含む光モジュールおよび光伝達装置に関する。

【0002】

【背景技術】

面発光型半導体レーザに代表される面発光型発光素子は、光通信や光演算、および各種センサの光源として大いに期待されている。これらの用途においては、場合によって、出射光の光学特性、例えば光の放射角や波長等を制御する必要がある。そこで、例えば、所定の光学部材を設置することにより、光学特性を制御することができる。この場合、光学部材の設置位置、形状および大きさ等を制御することは、出射される光の特性を決定する上で重要である。

【0003】

例えば、レンズが設置された面発光型発光素子が開示されている（特許文献1）。

【0004】

【特許文献1】

特開2000-67449号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、設置位置、形状および大きさが制御された光学部材を含む面発光型発光素子およびその製造方法を提供することにある。

【0006】

また、本発明の目的は、前記面発光型発光素子を含む光モジュールおよび光伝達装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

〔面発光型発光素子〕

本発明の面発光型発光素子は、
 基体と垂直方向に光を出射できる面発光型発光素子であって、
 前記光が出射する出射面と、
 前記出射面上に設けられた土台部材と、
 前記土台部材の上面上に設けられた光学部材と、を含む。

【 0 0 0 8 】

ここで、「基体」とは、発光素子が形成される基板をいう。例えば面発光型半導体レーザの場合、「基体」は例えば半導体基板であり、例えば半導体発光ダイオードの場合、「基体」は例えば例えばサファイア基板であり、例えばEL素子の場合、「基体」は例えば透明基板である。

【 0 0 0 9 】

また、「土台部材」とは、前記光学部材を載置できる上面を有する部材をいい、「土台部材の上面」とは、前記光学部材が設置される面をいう。前記土台部材の上面は、前記光学部材を設置できる限り、平面であってもよいし曲面であってもよい。

【 0 0 1 0 】

さらに、「光学部材」とは、発光素子からの出射光の光学特性や進行方向を変化させる機能を有する部材をいい、ここで、「光学特性」とは、例えば、波長、偏光、放射角等が挙げられる。このような光学部材としては、例えばレンズまたは偏向素子が例示できる。

【 0 0 1 1 】

本発明の面発光型発光素子によれば、上記構成を有することにより、前記土台部材の上面の形状や高さ等を制御することによって、設置位置、形状および大きさが良好に制御された光学部材を含む面発光型発光素子を得ることができる。詳しくは、本実施の形態の欄で説明する。

【 0 0 1 2 】

本発明の面発光型発光素子は、以下の態様（１）～（１３）をとることができる。

【 0 0 1 3 】

(1) 前記土台部材は、所定波長の光を通過させる材質からなることができる。ここで、「通過」とは、前記土台部材に入射した光が入射した後、該土台部材から光が出射することをいい、前記土台部材に入射した光がすべて該土台部材から出射する場合だけでなく、前記土台部材に入射した光の一部のみが該土台部材から出射する場合を含む。

【 0 0 1 4 】

(2) 前記光学部材は、レンズまたは偏光素子としての機能を有することができる。

【 0 0 1 5 】

(3) 前記光学部材は、円球状または楕円球状であることができる。

【 0 0 1 6 】

(4) 前記光学部材は、切断円球状または切断楕円球状であることができる。ここで、「切断円球状」とは、円球を一平面で切断して得られる形状をいい、該円球は完全な円球のみならず、円球に近似する形状をも含む。また、「切断楕円球状」とは、楕円球を一平面で切断して得られる形状をいい、楕円球は完全な楕円球のみならず、楕円球に近似する形状をも含む。

【 0 0 1 7 】

この場合、前記光学部材の断面は、円または楕円であることができる。また、この場合、前記光学部材に、レンズまたは偏向素子としての機能を付与することができる。

【 0 0 1 8 】

(5) 前記光学部材は、エネルギーを付加することによって硬化可能な液体材料を硬化させることにより形成できる。

【 0 0 1 9 】

この場合、前記光学部材は、紫外線硬化型樹脂からなることができる。

【 0 0 2 0 】

(6) 前記光学部材の少なくとも一部を覆うように、封止材を形成することができる。これにより、前記土台部材の上面に前記光学部材を確実に固定することができる。

【 0 0 2 1 】

(7) 前記土台部材の上面は、円形または楕円形であることができる。

【 0 0 2 2 】

(8) 前記土台部材の上面は、曲面であることができる。

【 0 0 2 3 】

(9) 前記土台部材の上面と、前記土台部材の側部において該上面に接する面とのなす角が鋭角であることができる。この構成によれば、液滴を吐出して光学部材前駆体を形成した後硬化させて前記光学部材を形成する場合、前記土台部材の側面が前記液滴で濡れるのを防止することができる。この結果、所望の形状および大きさを有する光学部材を確実に得ることができる。

【 0 0 2 4 】

この場合、前記土台部材の上部を、逆テーパ状に形成できる。ここで、「前記土台部材の上部」とは、前記土台部材のうち前記上面近傍の領域をいう。この構成によれば、液滴を吐出して光学部材前駆体を形成した後硬化させて前記光学部材を形成する場合、前記土台部材の安定性を保持しつつ、前記土台部材の上面と側面とのなす角をより小さくすることができる。これにより、前記土台部材の側面が前記液滴で濡れるのを確実に防止することができる。この結果、所望の形状および大きさを有する光学部材を得ることができる。

【 0 0 2 5 】

(10) 前記面発光型発光素子は、面発光型半導体レーザであることができる。この場合、下記の態様 (I) ~ (III) を例示できる。

【 0 0 2 6 】

(I) 前記基体は、半導体基板であり、
前記面発光型半導体レーザは、
前記半導体基板上に形成され、少なくとも一部に柱状部を含む共振器を含み、
前記柱状部の上面に、前記出射面を設置できる。

【 0 0 2 7 】

この場合、前記土台部材は、前記柱状部と一体化して形成できる。また、この場合、前記土台部材は、半導体層からなることができる。さらに、この場合、前

記柱状部は、前記土台部材としての機能を有することができる。

【 0 0 2 8 】

(II) 前記基体は、半導体基板であり、
前記面発光型半導体レーザは、前記半導体基板上に形成された共振器を含み、
前記半導体基板の裏面に、前記出射面を設置できる。

【 0 0 2 9 】

(III) 前記基体は、半導体基板であり、
前記面発光型半導体レーザは、前記半導体基板上に形成された共振器を含み、
前記半導体基板の裏面に、凹部が形成され、
前記凹部には、光路調整層が埋め込まれて形成され、
前記光路調整層の上面に、前記出射面を設置できる。

【 0 0 3 0 】

(1 1) 前記面発光型発光素子は、半導体発光ダイオードであることができる。

【 0 0 3 1 】

この場合、前記基体は、半導体基板であり、
前記半導体発光ダイオードは、
前記半導体基板上に形成された発光素子部と、
前記発光素子部の少なくとも一部を構成する活性層を含む柱状部と、を含み、
前記柱状部の上面に、前記出射面を設置できる。

【 0 0 3 2 】

また、この場合、前記土台部材は、前記柱状部と一体化して形成できる。さらに、この場合、前記土台部材は、半導体層からなることができる。加えて、この場合、前記柱状部は、前記土台部材としての機能を有することができる。

【 0 0 3 3 】

(1 2) 前記面発光型発光素子は、E L素子であることができる。

【 0 0 3 4 】

(1 3) 前記光学部材がレンズとして機能し、かつ、切断円球状であり、
前記光学部材の屈折率と、前記土台部材との屈折率とがほぼ等しく、

前記光学部材の曲率半径 r と、前記出射面から前記光学部材の頂点までの距離 d とが、以下の式（１）に示す関係を満たすことができる。

【 0 0 3 5 】

$$r \leq 0.34 \times d \quad \text{式（１）}$$

〔面発光型発光素子の製造方法〕

本発明の面発光型発光素子の製造方法は、

基体と垂直方向に光を出射できる面発光型発光素子の製造方法であって、

- （a）出射面を含み、前記発光素子として機能する部分を形成し、
- （b）前記基体上に土台部材を形成し、
- （c）前記土台部材の上面に対して液滴を吐出して、光学部材前駆体を形成し、
- （d）前記光学部材前駆体を硬化させて、光学部材を形成すること、を含む。

【 0 0 3 6 】

本発明の面発光型発光素子の製造方法によれば、前記（b）において、上面の形状や高さおよび設置位置等が調整された前記土台部材を形成し、前記（c）において、前記液滴の吐出量を調整すること等によって、設置位置、形状および大きさが良好に制御された光学部材を含む面発光型発光素子を形成することができる。詳しくは、本実施の形態の欄で説明する。

【 0 0 3 7 】

本発明の面発光型発光素子の製造方法は、以下の態様（１）～（６）をとることができる。

【 0 0 3 8 】

（１）前記（b）において、所定波長の光を通過させる材質にて前記土台部材を形成することができる。

【 0 0 3 9 】

（２）前記（c）において、前記液滴の吐出を、インクジェット法により行なうことができる。インクジェット法とは、インクジェットヘッドを用いて液滴を吐出する方法である。この方法によれば、前記液滴の吐出量の微妙な調整が可能であるため、微細な光学部材を、前記土台部材の上面上に簡便に設置することが

できる。また、吐出する液滴の量を、ピコリットルオーダーの単位で制御することができるため、微細な構造を作成することができる。

【 0 0 4 0 】

(3) 前記 (d) において、前記光学部材前駆体の硬化を、エネルギーの付加により行なうことができる。この方法によれば、前記光学部材前駆体の硬化を簡便な方法にて行なうことができる。

【 0 0 4 1 】

この場合、前記 (d) において、前記光学部材前駆体の硬化を、紫外線の照射により行なうことができる。この方法によれば、前記光学部材前駆体を硬化させる際に、面発光型発光素子の素子特性に与える影響を少なくすることができる。

【 0 0 4 2 】

(4) 前記 (b) において、前記土台部材の上面と、前記土台部材の側部において該上面に接する面とのなす角が鋭角になるように、前記土台部材を形成することができる。これにより、前記 (b) において、前記土台部材の側面が前記液滴で濡れるのを防止することができる。この結果、所望の形状および大きさを有する光学部材を確実に形成することができる。

【 0 0 4 3 】

この場合、前記 (b) において、前記土台部材の上部を逆テーバ状に形成することができる。これにより、前記土台部材の安定性を保持しつつ、前記土台部材の上面と側面とのなす角をより小さくすることができる。これにより、前記 (b) において、前記土台部材の側面が前記液滴で濡れるのを確実に防止することができる。この結果、所望の形状および大きさを有する光学部材をより確実に形成することができる。

【 0 0 4 4 】

(5) さらに、前記 (c) より前に、(e) 前記液滴に対する前記土台部材の上面の濡れ性を調整すること、を含むことができる。これにより、所望の形状および大きさを有する光学部材を形成することができる。ここで、例えば、前記土台部材の上面に、前記液滴に対して親液性または撥液性を有する膜を形成することにより、濡前記液滴に対する前記土台部材の上面の濡れ性を制御することがで

きる。

【 0 0 4 5 】

(6) さらに、(f) 前記光学部材の少なくとも一部を封止材で覆うこと、を含むことができる。これにより、前記土台部材の上面に前記光学部材を簡便な方法にて固定することができる。

【 0 0 4 6 】

[光モジュールおよび光伝達装置]

本発明の面発光型発光素子と、光導波路とを含む光モジュールに適用することができる。また、前記光モジュールを含む光伝達装置に適用することができる。

【 0 0 4 7 】

[発明の実施の形態]

以下、本発明の好適な実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【 0 0 4 8 】

[第 1 の実施の形態]

1. 面発光型発光素子の構造

図 1 は、本発明を適用した第 1 の実施の形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 を模式的に示す断面図である。図 2 は、本発明を適用した第 1 の実施の形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 を模式的に示す平面図である。図 1 は、図 2 の A - A 線における断面を示す図である。なお、本実施の形態においては、面発光型発光素子として面発光型半導体レーザを用いた場合について説明する。

【 0 0 4 9 】

本実施の形態の面発光型発光素子 1 0 0 は、図 1 に示すように、半導体基板（本実施形態では G a A s 基板）1 0 1 と、半導体基板 1 0 1 上に形成された垂直共振器（以下「共振器」とする）1 4 0 とを含む。この共振器 1 4 0 は柱状の半導体堆積体（以下「柱状部」とする）1 3 0 を含む。

【 0 0 5 0 】

また、この面発光型発光素子 1 0 0 は、光が出射する出射面 1 0 8 と、出射面 1 0 8 上に設けられた土台部材 1 1 0 と、土台部材 1 1 0 の上面 1 1 0 a 上に設けられた光学部材 1 1 1 とを含む。この出射面 1 0 8 は、柱状部 1 3 0 の上面に

設置されており、この出射面 1 0 8 からレーザー光が出射する。本実施の形態の面発光型発光素子 1 0 0 においては、柱状部 1 3 0 の上面のうち第 1 電極 1 0 7 で覆われていない部分が出射面 1 0 8 に該当する。また、本実施の形態においては、光学部材 1 1 1 がレンズとして機能する場合について説明する。

【 0 0 5 1 】

(土台部材)

本実施の形態においては、土台部材 1 1 0 は、所定波長の光を通過させる材質からなることができる。具体的には、土台部材 1 1 0 は、出射面 1 0 8 から出射した光を通過させることができる材質からなることができる。例えば、土台部材 1 1 0 は、ポリイミド系樹脂、アクリル系樹脂、エポキシ系樹脂、あるいはフッ素系樹脂から形成することができる。あるいは、後述する第 4 実施形態に係る面発光型発光素子 4 0 0 (図 1 6 参照) のように、土台部材を半導体層で形成することもできる。

【 0 0 5 2 】

また、土台部材 1 1 0 の立体形状は特に限定されるわけではないが、少なくともその上面上に光学部材を載置させることができる構造であることが必要とされる。この点は、後述する実施形態に係る面発光型発光素子の土台部材においても同様である。

【 0 0 5 3 】

また、土台部材 1 1 0 の高さは、土台部材 1 1 0 の上面 1 1 0 a 上に形成される光学部材 1 1 1 の機能および用途、ならびに形状および大きさによって定められる。本実施の形態のように、光学部材 1 1 1 がレンズとして機能する場合、土台部材 1 1 0 の高さ h は、該レンズの曲率半径 r と、出射面 1 0 8 から該レンズ 1 1 1 の頂点までの距離 d (図 1 参照) とに依存して決定される。

【 0 0 5 4 】

例えば、土台部材 1 1 0 の屈折率と光学部材 (レンズ) 1 1 1 の屈折率とがほぼ等しい場合、光学部材 1 1 1 がレンズとして機能するためには、図 3 1 に示すように、光学部材 (レンズ) 1 1 1 の曲率半径 r と、出射面 1 0 8 から該レンズの頂点までの距離 d (図 1 参照) との間に、以下の式 (1) を満たす関係が成立

する必要がある。

【0055】

$$r \leq 0.34 \times d \quad \text{式(1)}$$

この式(1)を満たすように、光学部材111の曲率半径 r および土台部材110の高さ h が決定される。図31において、斜線で示した領域が式(1)を満たす領域である。なお、この場合において、 $r = 0.34 \times d$ が成立する場合、光学部材111から出射する光はコリメート光となる。

【0056】

一般的に、出射面からレンズの頂点までの距離が長いほど、レンズの曲率半径が小さいほど、レンズの集光機能は大きくなる。

【0057】

また、土台部材110の上面110aの形状は、土台部材110の上面110a上に形成される光学部材111の機能や用途によって定められる。言い換えれば、土台部材110の上面110aの形状を制御することによって、光学部材111の形状を制御することができる。

【0058】

例えば、面発光型発光素子100（図1および図2参照）では、土台部材110の上面110aの形状は円である。また、後述する実施形態に係る面発光型発光素子においても、土台部材の上面の形状が円である場合を示す。

【0059】

光学部材を、例えばレンズまたは偏向素子として用いる場合、土台部材の上面の形状を円にする。これにより、光学部材の立体形状を、円球状または切断円球状に形成することができ、得られた光学部材をレンズまたは偏向素子として用いることができる。

【0060】

本実施の形態においては、光学部材111がレンズとして機能する例を示す。すなわち、図1および図2に示すように、光学部材111によって、出射面108から出射する光を集光させることができる。

【0061】

また、図示しないが、光学部材を例えば異方性レンズまたは偏向素子として用いる場合、土台部材の上面の形状を楕円にすることができる。これにより、光学部材の立体形状を、楕円球状または切断楕円球状に形成することができ、得られた光学部材を異方性レンズまたは偏向素子として用いることができる。

【 0 0 6 2 】

(光学部材)

光学部材 1 1 1 の立体形状については、(土台部材) の欄で説明したので、詳しい説明は省略する。

【 0 0 6 3 】

光学部材 1 1 1 は、例えば熱または光等のエネルギーを付加することによって硬化可能な液体材料(例えば紫外線硬化型樹脂や熱硬化型樹脂の前駆体)を硬化させることにより形成される。紫外線硬化型樹脂としては、例えば紫外線硬化型のアクリル系樹脂およびエポキシ系樹脂が挙げられる。また、熱硬化型樹脂としては、熱硬化型のポリイミド系樹脂等が例示できる。

【 0 0 6 4 】

紫外線硬化型樹脂の前駆体は、短時間の紫外線照射によって硬化する。このため、熱工程など素子に対するダメージを与えやすい工程を経ずに硬化させることができる。このため、紫外線硬化型樹脂の前駆体を用いて光学部材 1 1 1 を形成する場合、素子へ与える影響を少なくすることができる。

【 0 0 6 5 】

本実施の形態において、光学部材 1 1 1 は、具体的には、土台部材 1 1 0 の上面 1 1 0 a に対して、前記液体材料からなる液滴 1 1 1 a を吐出して、光学部材前駆体 1 1 1 b を形成した後、光学部材前駆体 1 1 1 b を硬化させることによって形成される(図 1 0 および図 1 1 参照)。光学部材 1 1 1 の形成方法については後述する。

【 0 0 6 6 】

(その他の構成要素)

面発光型発光素子 1 0 0 は、n 型 G a A s からなる半導体基板 1 0 1 と、半導体基板 1 0 1 上に形成された共振器 1 4 0 とを含む。

【 0 0 6 7 】

共振器 1 4 0 には柱状部 1 3 0 が形成されている。ここで、柱状部 1 3 0 とは、共振器 1 4 0 の一部であって、少なくとも上部ミラー 1 0 4 を含む柱状の半導体堆積体をいう。この柱状部 1 3 0 は絶縁層 1 0 6 で埋め込まれている。すなわち、柱状部 1 3 0 の側面は絶縁層 1 0 6 で取り囲まれている。さらに、柱状部 1 3 0 上には第 1 電極 1 0 7 が形成されている。

【 0 0 6 8 】

共振器 1 4 0 は、例えば、 n 型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 層と n 型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 層とを交互に積層した 4 0 ペアの分布反射型多層膜ミラー（以下、「下部ミラー」という）1 0 2、 GaAs ウエル層と $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ バリア層からなり、ウエル層が 3 層で構成される量子井戸構造を含む活性層 1 0 3、および p 型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 層と p 型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 層とを交互に積層した 2 5 ペアの分布反射型多層膜ミラー（以下、「上部ミラー」という）1 0 4 が順次積層されて構成されている。なお、下部ミラー 1 0 2、活性層 1 0 3、および上部ミラー 1 0 4 を構成する各層の組成および層数はこれに限定されるわけではない。

【 0 0 6 9 】

上部ミラー 1 0 4 は、例えば C がドーピングされることにより p 型にされ、下部ミラー 1 0 2 は、例えば Si がドーピングされることにより n 型にされている。したがって、上部ミラー 1 0 4、不純物がドーピングされていない活性層 1 0 3、および下部ミラー 1 0 2 により、 pin ダイオードが形成される。

【 0 0 7 0 】

また、共振器 1 4 0 のうち面発光型発光素子 1 0 0 のレーザ光出射側から下部ミラー 1 0 2 の途中にかけての部分が、レーザ光出射側からから見て円形の形状にエッチングされて柱状部 1 3 0 が形成されている。なお、本実施の形態では、柱状部 1 3 0 の平面形状を円形としたが、この形状は任意の形状をとることが可能である。

【 0 0 7 1 】

さらに、上部ミラー 1 0 4 を構成する層のうち活性層 1 0 3 に近い領域に、酸

化アルミニウムからなる電流狭窄層 1 0 5 が形成されている。この電流狭窄層 1 0 5 は、リング状に形成されている。すなわち、この電流狭窄層 1 0 5 は、図 1 における X-Y 平面に平行な面で切断した場合における断面が同心円状である形状を有する。

【0 0 7 2】

また、本実施の形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 においては、柱状部 1 3 0 の側面ならびに下部ミラー 1 0 2 の上面を覆うようにして、絶縁層 1 0 6 が形成されている。

【0 0 7 3】

この面発光型発光素子 1 0 0 の製造工程においては、柱状部 1 3 0 の側面を覆う絶縁層 1 0 6 を形成した後、柱状部 1 3 0 の上面および絶縁層 1 0 6 の上面に第 1 電極 1 0 7 を、半導体基板 1 0 1 の裏面（半導体基板 1 0 1 において共振器 1 4 0 の設置面と反対側の面）に第 2 電極 1 0 9 を、それぞれ形成する。これらの電極形成の際には一般的に、アニール処理を約 4 0 0℃で行なう（後述する製造プロセスを参照）。したがって、樹脂を用いて絶縁層 1 0 6 を形成する場合、このアニール処理工程に耐え得るためには、絶縁層 1 0 6 を構成する樹脂は耐熱性に優れたものであることが必要とされる。この要求を満たすためには、絶縁層 1 0 6 を構成する樹脂がポリイミド樹脂、フッ素系樹脂、アクリル樹脂、またはエポキシ樹脂等であることが望ましく、特に、加工の容易性や絶縁性の観点から、ポリイミド樹脂またはフッ素系樹脂であるのが望ましい。また、絶縁層 1 0 6 の上に、樹脂を原材料として光学部材（例えばレンズ）を形成する場合、レンズ材（樹脂）との接触角が大きく、レンズ形状を制御しやすいという観点からも、絶縁層 1 0 6 はポリイミド樹脂またはフッ素系樹脂からなるのが望ましい。この場合、絶縁層 1 0 6 は、熱または光等のエネルギー照射により硬化、あるいは化学反応によって樹脂前駆体を硬化させることにより形成される。

【0 0 7 4】

また、柱状部 1 3 0 および絶縁層 1 0 6 の上には、第 1 電極 1 0 7 が形成されている。さらに、柱状部 1 3 0 上面の中央部には、第 1 電極 1 0 7 が形成されていない部分（開口部）が設けられている。この部分が出射面 1 0 8 である。この

出射面 1 0 8 がレーザ光の出射口となる。第 1 電極 1 0 7 は、例えば A u と Z n の合金と A u との積層膜からなる。

【 0 0 7 5 】

さらに、半導体基板 1 0 1 の裏面には、第 2 電極 1 0 9 が形成されている。すなわち、図 1 に示す面発光型発光素子 1 0 0 では、柱状部 1 3 0 上で第 1 電極 1 0 7 と接合し、かつ、半導体基板 1 0 1 の裏面で第 2 電極 1 0 9 と接合し、この第 1 電極 1 0 7 および第 2 電極 1 0 9 によって活性層 1 0 3 に電流が注入される。第 2 電極 1 0 9 は、例えば A u と G e の合金と A u との積層膜からなる。

【 0 0 7 6 】

第 1 および第 2 電極 1 0 7, 1 0 9 を形成するための材料は、前述したものに限定されるわけではなく、例えば T i や P t などの金属やこれらの合金などが利用可能である。

2. 面発光型発光素子の動作

本実施の形態の面発光型発光素子 1 0 0 の一般的な動作を以下に示す。なお、下記の面発光型半導体レーザの駆動方法は一例であり、本発明の趣旨を逸脱しない限り、種々の変更が可能である。

【 0 0 7 7 】

まず、第 1 電極 1 0 7 と第 2 電極 1 0 9 とで、p i n ダイオードに順方向の電圧を印加すると、活性層 1 0 3 において、電子と正孔との再結合が起こり、係る再結合による発光が生じる。そこで生じた光が上部ミラー 1 0 4 と下部ミラー 1 0 2 との間を往復する際に誘導放出が起こり、光の強度が増幅される。光利得が光損失を上まわると、レーザ発振が起こり、柱状部 1 3 0 上面にある出射面 1 0 8 からレーザ光が出射した後光学部材 1 1 1 へと入射する。光学部材 1 1 1 に入射したレーザ光は光学部材 1 1 1 によって放射角が調整された後、半導体基板 1 0 1 に対して垂直方向へと出射する。ここで、「半導体基板 1 0 1 に対して垂直方向」とは、半導体基板 1 0 1 の表面 1 0 1 a (図 1 では X - Y 平面と平行な面) に対して垂直な方向 (図 1 では Z 方向) をいう。

3. 面発光型発光素子の製造方法

次に、本発明を適用した第 1 の実施の形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 の製

造方法の一例について、図 3～図 11 を用いて説明する。図 3～図 11 は、図 1 および図 2 に示す本実施の形態の面発光型発光素子 100 の一製造工程を模式的に示す断面図であり、それぞれ図 1 に示す断面に対応している。

【0078】

(1) まず、n 型 GaAs からなる半導体基板 101 の表面に、組成を変調させながらエピタキシャル成長させることにより、図 3 に示すように、半導体多層膜 150 が形成される。ここで、半導体多層膜 150 は例えば、n 型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 層と n 型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 層とを交互に積層した 40 ペアの下部ミラー 102、GaAs ウェル層と $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ バリア層からなり、ウェル層が 3 層で構成される量子井戸構造を含む活性層 103、および p 型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 層と p 型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 層とを交互に積層した 25 ペアの上部ミラー 104 からなる。これらの層を順に半導体基板 101 上に堆積させることにより、半導体多層膜 150 が形成される。なお、上部ミラー 104 を成長させる際に、活性層近傍の少なくとも 1 層が、AlAs 層または Al 組成が 0.95 以上の AlGaAs 層に形成される。この層は後に酸化され、電流狭窄層 105 となる。また、上部ミラー 104 の最表面の層は、キャリア密度を高くし、電極（後述する第 1 電極 107）とのオーミック接触をとりやすくしておくのが望ましい。

【0079】

エピタキシャル成長を行なう際の温度は、成長方法や原料、半導体基板 101 の種類、あるいは形成する半導体多層膜 150 の種類、厚さ、およびキャリア密度によって適宜決定されるが、一般に、 $450^{\circ}\text{C} \sim 800^{\circ}\text{C}$ であるのが好ましい。また、エピタキシャル成長を行なう際の所要時間も、温度と同様に適宜決定される。また、エピタキシャル成長させる方法としては、有機金属気相成長 (MOVPE: Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy) 法や、MBE 法 (Molecular Beam Epitaxy) 法、あるいは LPE 法 (Liquid Phase Epitaxy) を用いることができる。

【0080】

続いて、半導体多層膜 1 5 0 上に、フォトレジスト（図示しない）を塗布した後フォトリソグラフィ法により該フォトレジストをパターニングすることにより、所定のパターンのレジスト層 R 1 0 0 が形成される（図 3 参照）。

【 0 0 8 1 】

（2）ついで、レジスト層 R 1 0 0 をマスクとして、例えばドライエッチング法により、上部ミラー 1 0 4、活性層 1 0 3、および下部ミラー 1 0 2 の一部をエッチングして、図 4 に示すように、柱状の半導体堆積体（柱状部） 1 3 0 が形成される。以上の工程により、図 4 に示すように、半導体基板 1 0 1 上に、柱状部 1 3 0 を含む共振器 1 4 0 が形成される。その後、レジスト層 R 1 0 0 が除去される。

【 0 0 8 2 】

（3）続いて、例えば 4 0 0 ℃ 程度の水蒸気雰囲気中に、上記工程によって共振器 1 4 0 が形成された半導体基板 1 0 1 を投入することにより、前述の上部ミラー 1 0 4 中の A 1 組成が高い層を側面から酸化して、電流狭窄層 1 0 5 が形成される（図 5 参照）。酸化レートは、炉の温度、水蒸気の供給量、酸化すべき層（前記 A 1 組成が高い層）の A 1 組成および膜厚に依存する。酸化により形成される電流狭窄層を備えた面発光レーザでは、駆動する際に、電流狭窄層が形成されていない部分（酸化されていない部分）のみに電流が流れる。したがって、酸化によって電流狭窄層を形成する工程において、形成する電流狭窄層 1 0 5 の範囲を制御することにより、電流密度の制御が可能となる。

【 0 0 8 3 】

（4）次いで、柱状部 1 3 0 を取り囲む絶縁層 1 0 6 が形成される（図 6 参照）。なお、ここでは、絶縁層 1 0 6 を形成するための材料として、ポリイミド樹脂を用いた場合について説明する。

【 0 0 8 4 】

まず、例えばスピンコート法を用いて、樹脂前駆体（ポリイミド前駆体）を共振器 1 4 0 上に塗布した後、イミド化させることにより、図 6 に示すように、柱状部 1 3 0 を周囲に絶縁層 1 0 6 が形成される。この絶縁層 1 0 6 の形成方法としては、例えば、特願 2 0 0 1 - 0 6 6 2 9 9 号公報に記載されている方法を用

いることができる。また、樹脂前駆体層の形成方法としては、前述したスピコート法のほか、ディッピング法、スプレーコート法、インクジェット法等の公知技術を利用することができる。

【0085】

(5) 次に、活性層103に電流を注入するための第1電極107および第2電極109、およびレーザ光の出射面108が形成される(図7参照)。

【0086】

まず、第1電極107および第2電極109を形成する前に、必要に応じて、プラズマ処理法等を用いて、柱状部130の上面を洗浄する。これにより、より安定した特性の素子を形成することができる。つづいて、例えば真空蒸着法により絶縁層106および柱状部130の上面に、例えばAuとZnの合金とAuとの積層膜(図示せず)を形成した後、リフトオフ法により、柱状部130の上面に、前記積層膜が形成されていない部分を形成する。この部分が出射面108となる。なお、前記工程において、リフトオフ法のかわりに、ドライエッチング法を用いることもできる。

【0087】

また、半導体基板101の裏面に、例えば真空蒸着法により、例えばAuとGeの合金とAuとの積層膜(図示せず)を形成する。次いで、アニール処理する。アニール処理の温度は電極材料に依存する。本実施形態で用いた電極材料の場合は、通常400℃前後で行なう。以上の工程により、第1電極107および第2電極109が形成される(図7参照)。これにより、面発光型発光素子100のうち、発光素子として機能する部分が形成される。

【0088】

(6) 次いで、出射面108上に、光学部材111(図1参照)を設置するための土台部材110が形成される(図8および図9参照)。

【0089】

土台部材110の形成は、土台部材110の材質や形状ならびに大きさに応じて適切な方法(例えば選択成長法、ドライエッチング法、ウェットエッチング法、リフトオフ法、転写法等)を選択することができる。本実施の形態においては

、ウェットエッチングによるパターニングにて土台部材 1 1 0 を形成する場合について説明する。

【 0 0 9 0 】

まず、図 8 に示すように、少なくとも出射面 1 0 8 上に、樹脂層 1 1 0 b を形成する。本実施の形態においては、例えばスピコート法にて、樹脂層 1 1 0 b を、出射面 1 0 8 および第 1 電極 1 0 7 上に全体に形成する場合を示す。

【 0 0 9 1 】

ついで、樹脂層 1 1 0 b 上に、所定のパターンのレジスト層 R 2 0 0 を形成する。このレジスト層 R 2 0 0 は、樹脂層 1 1 0 b をパターニングして土台部材 1 1 0 を形成するために利用される。具体的には、フォトリソグラフィ工程により、レジスト層 R 2 0 0 をマスクとして、例えばアルカリ性溶液をエッチャントに用いるウェットエッチング法によって、樹脂層 1 1 0 b をパターニングする。これにより、図 9 に示すように、出射面 1 0 8 上に土台部材 1 1 0 が形成される。

【 0 0 9 2 】

(7) 次いで、土台部材 1 1 0 の上面 1 1 0 a 上に、光学部材 1 1 1 が形成される (図 1 0 および図 1 1 参照)。

【 0 0 9 3 】

まず、必要に応じて、土台部材 1 1 0 の上面 1 1 0 a に、光学部材 1 1 1 (図 1 参照) の濡れ角を調整するための処理を施す。この工程によれば、後述する工程において、土台部材 1 1 0 の上面 1 1 0 a 上に液体材料 1 1 1 a を導入した場合、所望の形状の光学部材前駆体 1 1 1 b を得ることができ、その結果、所望の形状の光学部材 1 1 を得ることができる (図 1 0 および図 1 1 参照)。

【 0 0 9 4 】

次いで、例えばインクジェット法を用いて、液体材料 1 1 1 a の液滴を、土台部材 1 1 0 の上面 1 1 0 a に向けて吐出する。インクジェットの吐出方法としては、例えば、(i) 熱により液体 (ここではレンズ材) 中の気泡の大きさを変化させることで圧力を生じ、液体を吐出する方法、(ii) 圧電素子により生じた圧力によって液体を吐出させる方法とがある。圧力の制御性の観点からは、前記 (ii) の方法が望ましい。

【0095】

インクジェットヘッドのノズルの位置と、液滴の吐出位置とのアライメントは、一般的な半導体集積回路の製造工程における露光工程や検査工程で用いられる公知の画像認識技術を用いて行なわれる。例えば、図10に示すように、インクジェットヘッド120のノズル112の位置と、面発光型発光素子100の土台部材110の位置とのアライメントを行なう。アライメント後、インクジェットヘッド120に印加する電圧を制御した後、液体材料111aの液滴を吐出する。これにより、図11に示すように、土台部材110の上面110a上に光学部材前駆体111bを形成する。

【0096】

この場合、図10に示すように、ノズル112から吐出された前記液滴が、土台部材110の上面110aに着弾した際に、表面張力によって、土台部材110の上面110aの中心にくるように液体材料111aが変形するため、自動的に位置の補正がなされる。

【0097】

また、この場合、光学部材前駆体111b（図11参照）は、土台部材110の上面110aの形状および大きさ、液体材料111aの吐出量、液体材料111aの表面張力、ならびに土台部材110の上面110aと液体材料111aとの間の界面張力に応じた形状および大きさとなる。したがって、これらを制御することにより、最終的に得られる光学部材111（図1参照）の形状および大きさを制御することが可能となり、レンズ設計の自由度が高くなる。

【0098】

以上の工程を行なった後、図11に示すように、エネルギー線（例えば紫外線）113を照射することにより、光学部材前駆体111bを硬化させて、土台部材110の上面110a上に、レンズとして機能する光学部材111を形成する（図1参照）。最適な紫外線の波長および照射量は、光学部材前駆体111bの材質に依存する。例えば、アクリル系紫外線硬化樹脂の前駆体を用いて光学部材前駆体111bを形成した場合、波長350nm程度、強度10mWの紫外線を5分間照射することで硬化を行なう。以上の工程により、図1に示す面発光型発

光素子 1 0 0 が得られる。

4. 作用効果

本実施の形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 は、以下に示す作用および効果を有する。

【0 0 9 9】

(A) 第 1 に、光学部材 1 1 1 が土台部材 1 1 0 の上面 1 1 0 a 上に設けられていることにより、出射面 1 0 8 からの出射するレーザ光の光路長を確保することができる。すなわち、光学部材 1 1 1 が土台部材 1 1 0 を介して出射面 1 0 8 上に設けられているため、出射面 1 0 8 から光学部材 1 1 1 までの距離を確保することができる。このため、光学部材 1 1 1 のレンズとしての集光機能を高めることができる。

【0 1 0 0】

(B) 第 2 に、光学部材 1 1 1 の大きさおよび形状を厳密に制御することができる。光学部材 1 1 1 を形成するためには、前記 (7) の工程にて説明したように、光学部材 1 1 1 を形成する工程において、光学部材前駆体 1 1 1 b が土台部材 1 1 0 の上面 1 1 0 a 上に形成される (図 1 0 および図 1 1 参照)。ここで、土台部材 1 1 0 の側面 1 1 0 b が、光学部材前駆体 1 1 0 a を構成する液体材料で濡れない限り、光学部材前駆体 1 1 1 b には土台部材 1 1 0 の表面張力は作用せず、前記液体材料の表面張力が主に作用する。したがって、光学部材 1 1 1 を形成するために用いる前記液体材料 (液滴 1 1 1 a) の量を制御することにより、光学部材前駆体 1 1 1 b の形状を制御することができる。これにより、形状がより厳密に制御された光学部材 1 1 1 を形成することができる。その結果、所望の形状および大きさを有する光学部材 1 1 1 を得ることができる。

【0 1 0 1】

(C) 第 3 に、光学部材 1 1 1 の設置位置を厳密に制御することができる。前述したように、光学部材 1 1 1 は、土台部材 1 1 0 の上面 1 1 0 a に対して、液体材料 1 1 1 a の液滴を吐出して、光学部材前駆体 1 1 1 b を形成した後、光学部材前駆体 1 1 1 b を硬化させることにより形成される (図 1 1 参照)。一般に、吐出された液滴の着弾位置を厳密に制御するのは難しい。しかしながら、この

方法によれば、特に位置合わせを行なうことなく土台部材 1 1 0 の上面 1 1 0 a 上に光学部材 1 1 1 を形成することができる。すなわち、土台部材 1 1 0 の上面 1 1 0 a 上に単に液滴 1 1 1 b を吐出することによって、位置合わせを行なうことなく光学部材前駆体 1 1 1 a を形成することができる。言い換えれば、土台部材 1 1 0 を形成する際のアライメント精度にて光学部材 1 1 1 を形成することができる。これにより、設置位置が制御された光学部材 1 1 1 を簡易かつ歩留まり良く形成することができる。

【0 1 0 2】

特に、インクジェット法を用いて液滴 1 1 1 b を吐出する場合、液滴 1 1 1 b をよりの確な位置に吐出することができるため、設置位置がより制御された光学部材 1 1 1 を簡易かつ歩留まり良く形成することができる。また、インクジェット法を用いて液滴 1 1 1 b を吐出することにより、吐出する液滴 1 1 1 b の量を、ピコリットルオーダーの単位で制御することができるため、微細な構造を正確に作成することができる。

【0 1 0 3】

(D) 第 4 に、土台部材 1 1 0 の上面 1 1 0 a の形状および面積を設定することによって、光学部材 1 1 1 の形状および大きさを設定することができる。特に、土台部材 1 1 0 の上面 1 1 0 a の形状を適宜選択することによって、所定の機能を有する光学部材 1 1 1 を形成することができる。したがって、土台部材 1 1 0 の上面 1 1 0 a の形状を変えることによって、異なる機能を有する光学部材を同一の基体上に集積化することもできる。

【0 1 0 4】

なお、本実施の形態においては、面発光型発光素子 1 0 0 が面発光型半導体レーザである場合について説明したが、本発明は、面発光型半導体レーザ以外の発光素子にも適用可能である。このことは、後述する第 2 ～ 第 6 および第 8 の実施の形態に係る面発光型発光素子でも同様である。なお、本発明を適用できる面発光型発光素子としては、例えば、E L 素子や半導体発光ダイオードなどが挙げられる。

5. 変形例

次に、本実施の形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 の一変形例について、図 1 2 を参照して説明する。図 1 2 は、本実施の形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 の一変形例（面発光型発光素子 1 9 0）を模式的に示す断面図である。

【0 1 0 5】

図 1 2 に示すように、本変形例に係る面発光型発光素子 1 9 0 においては、光学部材 1 1 1 の少なくとも一部を覆うように、封止材 1 3 1 が形成されている。これにより、光学部材 1 1 1 を、土台部材 1 1 0 の上面 1 1 0 a 上に確実に固定させることができる。封止材 1 3 1 は、光学部材 1 1 1 よりも屈折率が小さいことが望ましい。封止材 1 3 1 の材質は特に限定されないが、例えば樹脂を用いることができる。

【0 1 0 6】

上記の点以外は、本実施の形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 と同様の構成を有し、同様の作用効果を有する。

6. 別の変形例

次いで、本実施の形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 の一変形例について、図 1 3 を参照して説明する。図 1 3 は、本実施の形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 の別の別の変形例（面発光型発光素子 1 8 0）を模式的に示す断面図である。

【0 1 0 7】

図 1 3 に示すように、本変形例に係る面発光型発光素子 1 8 0 においては、土台部材 9 1 0 の上面 9 1 0 a が曲面である。この構成によれば、ほぼ円球状の光学部材 9 1 1 を、土台部材 9 1 0 の上面 9 1 0 a 上に設置することができる。

【0 1 0 8】

なお、上記の点以外は、本実施の形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 と同様の構成を有し、同様の作用効果を有する。また、後述する他の実施形態の面発光型発光素子についても、土台部材の上面を曲面にすることができる。

【0 1 0 9】

〔第 2 の実施の形態〕

1. 面発光型発光素子の構造

図 1 4 は、本発明を適用した第 2 の実施の形態に係る面発光型発光素子 2 0 0

を模式的に示す断面図である。なお、本実施の形態においては、第 1 の実施の形態と同様に、面発光型発光素子として面発光型半導体レーザを用いた場合について説明する。

【0 1 1 0】

本実施の形態に係る面発光型発光素子 2 0 0 は、土台部材 2 1 0 の側壁が逆テーパ状である点以外は、第 1 の実施の形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 とほぼ同様の構造を有する。このため、第 1 の実施の形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 と実質的に同じ構成要素には同一符号を付して、その詳細な説明を省略する。

【0 1 1 1】

図 1 4 に示すように、土台部材 2 1 0 の上面 2 1 0 a と側面 2 1 0 b とのなす角 θ を鋭角にすることができる。すなわち、土台部材 2 1 0 においては、前述したように、土台部材 2 1 0 の側壁が逆テーパ状である。ここで、土台部材 2 1 0 の側面 2 1 0 b とは、土台部材 2 2 の側部において上面 2 1 0 a に接する面をいう。土台部材 2 1 0 においては、土台部材 2 1 0 の側部が側面 2 1 0 b である。なお、土台部材 2 1 0 の材質は、第 1 の実施の形態の土台部材 1 1 0 の材質と同様である。すなわち、土台部材 2 1 0 は、出射面 1 0 8 から出射した光を通過させることができる材質からなる。また、光学部材 2 1 1 の構造、材質および機能は、第 1 の実施の形態の光学部材 1 1 1 の構造、材質および機能と同様である。さらに、光学部材 2 1 1 は、第 1 の実施の形態の光学部材 1 1 1 と同様の方法によって形成することができる。

2. 面発光型発光素子の動作

本実施の形態の面発光型発光素子 2 0 0 の動作は、第 1 の実施の形態の面発光型発光素子 1 0 0 と基本的に同様であるため、詳しい説明は省略する。

3. 面発光型発光素子の製造方法

本実施の形態に係る面発光型発光素子 2 0 0 の製造方法は、土台部材 2 1 0 の側壁を逆テーパ状に形成する以外は、第 1 の実施形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 の製造方法と同様である。このため、詳しい説明は省略する。

4. 作用効果

本実施の形態に係る面発光型発光素子 2 0 0 およびその製造方法は、第 1 の実

施の形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 およびその製造方法と実質的に同じ作用および効果を有する。さらに、本実施の形態に係る面発光型発光素子 2 0 0 およびその製造方法は、以下に示す作用および効果を有する。

【 0 1 1 2 】

光学部材 2 1 1 は、土台部材 2 1 0 の上面 2 1 0 a に対して液滴を吐出して、光学部材前駆体（図示せず）を形成した後、該光学部材前駆体を硬化させることにより形成される。この場合、土台部材 2 1 0 の上面 2 1 0 a と側面 2 1 0 b とのなす角 θ が鋭角であることにより、土台部材 2 1 0 の上面 2 1 0 a に対して前記液滴を吐出する際に、土台部材 2 1 0 の側面 2 1 0 b が前記液滴で濡れるのを確実に防止することができる。この結果、所望の形状および大きさを有する光学部材 2 1 1 を確実に形成することができる。

【 0 1 1 3 】

〔第 3 の実施の形態〕

1. 面発光型発光素子の構造

図 1 5 は、本発明を適用した第 3 の実施の形態に係る面発光型発光素子 3 0 0 を模式的に示す断面図である。なお、本実施の形態においては、第 1 および第 2 の実施の形態と同様に、面発光型発光素子として面発光型半導体レーザを用いた場合について説明する。

【 0 1 1 4 】

本実施の形態に係る面発光型発光素子 3 0 0 は、土台部材 3 1 0 の上部 3 1 0 c が逆テーパ状である点以外は、第 1 の実施の形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 とほぼ同様の構造を有する。このため、第 1 の実施の形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 と実質的に同じ構成要素には同一符号を付して、その詳細な説明を省略する。

【 0 1 1 5 】

前述したように、本実施の形態に係る面発光型発光素子 3 0 0 においては、土台部材 3 1 0 の上部 3 1 0 c が逆テーパ状である。この場合において、土台部材 3 1 0 の上面 3 1 0 a と、側面 3 1 0 b（土台部材 3 1 0 の側部において上面 3 1 0 a に接する面）とのなす角 θ は鋭角となる。なお、土台部材 3 1 0 の材質は

、第 1 の実施の形態に係る土台部材 1 1 0 の材質と同様である。すなわち、土台部材 3 1 0 は、出射面 1 0 8 から出射した光を通過させることができる材質からなる。また、光学部材 3 1 1 の構造、材質および機能は、第 1 の実施の形態の光学部材 1 1 1 の構造、材質および機能と同様である。さらに、光学部材 3 1 1 は、第 1 の実施の形態の光学部材 1 1 1 と同様の方法によって形成することができる。

2. 面発光型発光素子の動作

本実施の形態の面発光型発光素子 3 0 0 の動作は、第 1 の実施の形態の面発光型発光素子 1 0 0 と基本的に同様であるため、詳しい説明は省略する。

3. 面発光型発光素子の製造方法

本実施の形態に係る面発光型発光素子 3 0 0 の製造方法は、土台部材 3 1 0 の上部 3 1 0 c が逆テーパ状となるように土台部材 3 1 0 を形成する点以外は、第 1 の実施形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 の製造方法と同様である。したがって、ここでは、第 1 の実施形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 の製造方法と異なる工程、すなわち土台部材 3 1 0 を形成する工程について主に説明する。

【0 1 1 6】

まず、前述した第 1 の実施の形態に係る面発光型発光素子の製造方法のうち、前記 (1) ～ (5) の工程 (図 3 ～ 図 7 参照) と同様の方法にて、面発光型発光素子 3 0 0 のうち発光素子として機能する部分を形成する。次いで、前記 (6) の工程 (図 8 参照) と同様の方法にて、樹脂層 1 1 0 b を形成した後、この樹脂層 1 1 0 b 上に、所定のパターンのレジスト層 R 2 0 0 を形成する。このレジスト層 R 2 0 0 は、後の工程において、樹脂層 1 1 0 b をパターンニングして土台部材 2 1 0 を形成するために利用される。

【0 1 1 7】

次に、レジストを変質させない程度の温度 (例えば 1 3 0 ℃) で熱処理を行なう。この熱処理においては樹脂層 1 1 0 b の上面側から熱を加えることにより、樹脂層 1 1 0 b のうち基板 1 0 1 側部分よりも、樹脂層 1 1 0 b の上面側 (レジスト層 R 2 0 0 側) 部分の硬化の度合いを大きくする。

【0 1 1 8】

次いで、レジスト層 R200 をマスクとして、樹脂層 110b をウェットエッチングする。この工程において、レジスト層 R200 の直下部分すなわち樹脂層 110b の上部は、他の部分と比較してエッチャントの侵入速度が遅いためエッチングされにくい。また、前記熱処理により、樹脂層 110b の上面側部分の硬化の度合いが基板 101 側部分の硬化の度合いよりも大きくなっているため、樹脂層 110b において、上面側部分は基板 100 側部分よりもウェットエッチングにおけるエッチングレートが小さい。このため、該ウェットエッチング時において、樹脂層 110b の上面側部分は、樹脂層 110b の基板 100 側部分に比較してエッチング速度が遅いため、樹脂層 110b の上面側部分は、樹脂層 110b の基板 100 側部分と比較してより多く残存する。これにより、上部 310c が逆テーパ状に形成された土台部材 310 (図 15 参照) を得ることができる。次いで、レジスト層 R200 を除去する。

【0119】

その後の工程は、第 1 の実施形態に係る製造方法 (第 1 の実施形態の (7) の工程) と同様であるため、詳しい説明は省略する。これにより、面発光型発光素子 300 が得られる (図 15 参照)。

4. 作用効果

本実施の形態に係る面発光型発光素子 300 およびその製造方法は、第 1 の実施の形態に係る面発光型発光素子 100 およびその製造方法と実質的に同じ作用および効果を有する。さらに、本実施の形態に係る面発光型発光素子 300 およびその製造方法は、以下に示す作用および効果を有する。

【0120】

面発光型発光素子 300 によれば、土台部材 310 の上部 310c が逆テーパ状となるように、土台部材 310 が形成されていることにより、土台部材 310 の安定性を保持しつつ、土台部材 310 の上面 310a と側面 310b とのなす角 θ をより小さくすることができる。これにより、土台部材 310 の側面 310b が液滴で濡れるのを確実に防止することができる。この結果、所望の形状および大きさを有する光学部材 311 を、より確実に形成することができる。

【0121】

[第4の実施の形態]

1. 面発光型発光素子の構造

図16は、本発明を適用した第4の実施の形態に係る面発光型発光素子400を模式的に示す断面図である。なお、本実施の形態においては、第1～第3の実施の形態と同様に、面発光型発光素子として面発光型半導体レーザを用いた場合について説明する。

【0122】

本実施の形態に係る面発光型発光素子400は、土台部材410が半導体層からなる点以外は、第1の実施の形態に係る面発光型発光素子100とほぼ同様の構造を有する。このため、第1の実施の形態に係る面発光型発光素子100と実質的に同じ構成要素には同一符号を付して、その詳細な説明を省略する。

【0123】

前述したように、土台部材410は半導体層からなる。この半導体層は、出射面108から出射した光を通過させることができる性質を有する。また、この土台部材410は柱状部130と一体化して形成できる。具体的には、土台部材410を構成する層は、柱状部130と同様にエピタキシャル成長により積層することができる。

【0124】

本実施の形態において、柱状部130は第1の実施の形態で説明したように、AlGaAs系の半導体層から形成されている。この場合、例えば、柱状部130から出射するレーザ光の波長（共振器140の発振波長）が850nmである場合、土台部材410はAlの組成（モル分率）が30%以上である層から形成することができる。これにより、出射面108から土台部材410に入射した前記レーザ光が土台部材410を透過することができる。

【0125】

また、土台部材410が前述した組成の層からなる場合、土台部材410は、柱状部130の一部として機能する。具体的には、土台部材410は上部ミラー104の上方に形成されることから、上部ミラー104の一部として機能する。この場合、共振器140（図16参照）の発振波長 λ とすると、土台部材410

の高さ h を、 $n\lambda/4$ (n は整数) に形成することができる。これにより、反射率の低下を防止することができる。

2. 面発光型発光素子の動作

本実施の形態の面発光型発光素子 400 の動作は、第 1 の実施の形態の面発光型発光素子 100 と基本的に同様であるため、詳しい説明は省略する。

3. 面発光型発光素子の製造方法

次に、本実施の形態に係る面発光型発光素子 400 の製造方法の一例について、図 17～図 21 を用いて説明する。図 17～図 21 は、図 16 に示す本実施の形態の面発光型発光素子 400 の一製造工程を模式的に示す断面図であり、それぞれ図 16 に示す断面に対応している。

【0126】

まず、前述した第 1 の実施の形態に係る面発光型発光素子 100 の製造工程のうち前記 (1) の工程 (図 3 参照) と同様の方法にて、半導体多層膜 150 を形成する。この半導体多層膜 150 は、図 3 に示す半導体多層膜 150 と同様の組成および膜厚を有する。

【0127】

次いで、この半導体多層膜 150 上に、半導体層 410a をエピタキシャル成長させる。この半導体層 410a は前述した組成であることが望ましい。ここで、半導体層 410a の膜厚を、 $n\lambda/4$ (n は整数、 λ は共振器 140 (図 16 参照) の共振波長) に形成することができる。

【0128】

次いで、図 17 に示すように、半導体層 410a の上に、所定のパターンのレジスト層 R110 を形成する。このレジスト層 R110 は、半導体層 410a をパターンニングして土台部材 410 を形成するために利用される。次いで、このレジスト層 R110 をマスクとして、例えばドライエッチングにより、半導体層 410a をパターンニングする。これにより、図 18 に示すように、半導体多層膜 150 上に土台部材 410 が形成される。その後、レジスト層 R110 が除去される。

【0129】

次いで、図 1 9 に示すように、半導体多層膜 1 5 0 の上に、所定のパターンのレジスト層 R 2 1 0 を形成する。このレジスト層 R 2 1 0 は、半導体多層膜 1 5 0 をパターンニングして柱状部 1 3 0 を形成するために利用される。次いで、このレジスト層 R 2 1 0 をマスクとして、例えばドライエッチングにより、半導体多層膜 1 5 0 をパターンニングする。これにより、図 2 0 に示すように、柱状部 1 3 0 を含む共振器 1 4 0 が形成される。その後、レジスト層 R 2 1 0 が除去される。

【 0 1 3 0 】

次いで、前述した第 1 の実施の形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 の製造工程のうち前記 (3) ～ (5) の工程と同様の工程によって、酸化狭窄層 1 0 5 を形成した後、柱状部 1 3 0 の周囲に絶縁層 1 0 6 を形成し、その後、第 1 および第 2 電極 1 0 9 ならびに出射面 1 0 8 を形成する (図 2 1 参照) 。

【 0 1 3 1 】

次いで、前述した第 1 の実施の形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 の製造工程のうち前記 (7) の工程と同様の工程によって、土台部材 4 1 0 上に光学部材 1 1 1 (図 1 6 参照) が形成される。以上の工程により、面発光型発光素子 4 0 0 が形成される。

【 0 1 3 2 】

なお、本実施の形態においては、最初のエッチングにて土台部材 4 1 0 を形成してから、次のエッチングにて柱状部 1 3 0 を形成する場合を示したが、このエッチングの順序は適宜変更することができる。すなわち、最初のエッチングにて柱状部 1 3 0 を形成してから、次のエッチングにて土台部材 4 1 0 を形成してもよい。

4. 作用効果

本実施の形態に係る面発光型発光素子 4 0 0 およびその製造方法は、第 1 の実施の形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 およびその製造方法と実質的に同じ作用および効果を有する。さらに、本実施の形態に係る面発光型発光素子 4 0 0 およびその製造方法は、以下に示す作用および効果を有する。

【 0 1 3 3 】

面発光型発光素子 4 0 0 によれば、半導体層 4 1 0 a (図 1 7 参照) は、エピタキシャル成長により形成される。したがって、半導体層 4 1 0 a の膜厚を容易に制御することができる。土台部材 4 1 0 はこの半導体層 4 1 0 a から形成されるため、土台部材 4 1 0 の高さの制御が容易である。

【 0 1 3 4 】

また、あらかじめ土台部材 4 1 0 を形成してから、絶縁層 1 0 6 の埋め込みや、電極 1 0 7, 1 0 9 の形成を行なうため、土台部材 4 1 0 を形成することによる素子特性への影響を少なくすることができる。

【 0 1 3 5 】

〔第 5 の実施の形態〕

1. 面発光型発光素子の構造

図 2 2 は、本発明を適用した第 5 の実施の形態に係る面発光型発光素子 5 0 0 を模式的に示す断面図である。なお、本実施の形態においては、第 1 ～第 4 の実施の形態と同様に、面発光型発光素子として面発光型半導体レーザを用いた場合について説明する。なお、第 1 の実施の形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 と実質的に同じ構成要素には同一符号を付して、その詳細な説明を省略する。

【 0 1 3 6 】

本実施の形態に係る面発光型発光素子 5 0 0 は、半導体基板 1 0 1 の裏面 1 0 1 b 側から光が出射する点で、第 1 ～第 4 の実施の形態の面発光型発光素子と異なる構造を有する。

【 0 1 3 7 】

面発光型発光素子 5 0 0 では、半導体基板 1 0 1 の裏面 1 0 1 b に設けられた出射面 5 0 8 から光が出射する。また、出射面 5 0 8 上には土台部材 1 1 0 が設けられ、この土台部材 1 1 0 の上面 1 1 0 a 上には光学部材 1 1 1 が設けられている。

【 0 1 3 8 】

また、この面発光型発光素子 5 0 0 には、InGaAs 系の層を含む活性層 3 0 3 が形成されている点で、AlGaAs 系の層を含む活性層 1 0 3 が形成されている第 1 ～第 4 の実施の形態の面発光型発光素子と異なる構造を有する。具体

的には、活性層 303 は、 $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ ウエル層および GaAs バリア層を含む量子井戸構造を有する。

【0139】

また、この面発光型発光素子 500 は、 InGaAs 系の層を含む活性層 303 が設置されていることにより、 GaAs 基板を透過可能な波長 880 nm 以上の光（例えば 1100 nm 程度）を出射する面発光型半導体レーザとして機能することができる。

2. 面発光型発光素子の動作

本実施の形態の面発光型発光素子 500 の動作は、第 1 の実施の形態の面発光型発光素子 100 と基本的に同様である。ただし、本実施の形態の面発光型発光素子 500 では、出射面 508 が半導体基板 101 の裏面 101b に設置されているため、活性層 303 で生じた光は、下部ミラー 102 および半導体基板 101 を経た後、出射面 508 から出射し、しかる後に土台部材 111 へと入射する。光学部材 111 に入射したレーザ光は、光学部材 111 によって放射角が調整された後、半導体基板 101 に対して垂直方向（図 22 に示す $-Z$ 方向）へと出射する。

3. 面発光型発光素子の製造方法

次に、本発明を適用した第 5 の実施の形態に係る面発光型発光素子 500 の製造方法の一例について説明する。

【0140】

第 5 の実施の形態に係る面発光型発光素子 500 は、途中の製造プロセスまでは、前述の第 1 の実施の形態に係る面発光型発光素子 100 の製造プロセスとほぼ同様の工程によって形成することができる。具体的には、活性層 103（図 3 参照）のかわりに、 $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ ウエル層および GaAs バリア層を含む活性層 303 を形成する点、第 1 および第 2 電極 107, 109 の平面形状が異なる点、裏面 101b に出射面 508 が形成され、出射面 508 上に、土台部材 110 を介して光学部材 111 が設置されている点を除いて、第 1 の実施の形態の面発光型発光素子 100 の製造プロセスとほぼ同様の工程によって形成される。よって、ここでは、第 1 の実施の形態の面発光型発光素子の製造プロセ

スと異なる点について主に説明する。

【0141】

本実施の形態に係る面発光型発光素子500の製造プロセスでは、具体的には、第2電極109を形成する際に、半導体基板101が露出する領域を設ける。この露出する領域が出射面508となる。

【0142】

また、出射面508上に土台部材110を形成し、さらに、土台部材110の上面110a上に光学部材111を形成する。第1および第2電極107、109、土台部材110および光学部材111の形成方法は、第1の実施の形態で説明した方法と同様である。

4. 作用効果

本実施の形態に係る面発光型発光素子500およびその製造方法は、第1の実施の形態に係る面発光型発光素子100およびその製造方法と実質的に同じ作用および効果を有する。

【0143】

[第6の実施の形態]

1. 面発光型発光素子の構造

図23は、本発明を適用した第6の実施の形態に係る面発光型発光素子600を模式的に示す断面図である。なお、本実施の形態においては、第1～第5の実施の形態と同様に、面発光型発光素子として面発光型半導体レーザを用いた場合について説明する。なお、第1の実施の形態に係る面発光型発光素子100と実質的に同じ構成要素には同一符号を付して、その詳細な説明を省略する。

【0144】

本実施の形態に係る面発光型発光素子600は、半導体基板101の裏面101b側から光が出射する点で、第5の実施の形態の面発光型発光素子500と同様の構造を有する。また、この面発光型発光素子600は、第5の実施の形態の面発光型発光素子500と同様に、 $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ ウエル層と GaAs バリア層からなる量子井戸構造を有する活性層303を有する。

【0145】

一方、この面発光型発光素子 6 0 0 は、半導体基板 1 0 1 の裏面 1 0 1 b に凹部 3 2 1 が設置され、凹部 3 2 1 に光路調整層 6 3 0 が埋め込まれている点、ならびに第 2 電極 1 0 9 が第 1 電極 1 0 7 と同じ側に形成されている点、光路調整層 6 3 0 の上面に出射面 6 0 8 が設置されている点で、第 5 の実施の形態の面発光型発光素子 5 0 0 と異なる構造を有する。

【 0 1 4 6 】

この他の構成要素の構造および機能については、第 5 の実施の形態に係る面発光型発光素子 5 0 0 とほぼ同様の構造および機能を有する。第 5 の実施の形態に係る面発光型発光素子 5 0 0 と実質的に同じ構成要素には同一符号を付して、その詳細な説明を省略する。

【 0 1 4 7 】

具体的には、この面発光型発光素子 6 0 0 では、半導体基板 1 0 1 の裏面 1 0 1 b に凹部 3 2 1 が設置され、凹部 3 2 1 に光路調整層 6 3 0 が埋め込まれている。すなわち、図 2 3 に示すように、光路調整層 6 3 0 は、半導体基板 1 0 1 と土台部材 1 1 0 との間に形成されている。この光路調整層 6 3 0 の幅および膜厚は、凹部 3 2 1 の幅および深さを調整することによって、制御することが可能である。また、この光路調整層 6 3 0 は、出射するレーザ光を吸収しない材料で形成されていることが望ましい。すなわち、光路調整層 6 3 0 の材質は、面発光型発光素子 6 0 0 より出射されるレーザ光の波長帯域に吸収帯域をもたない材質から形成されていることが望ましい。

【 0 1 4 8 】

また、土台部材 1 1 0 が出射面 6 0 8 上に形成され、この土台部材 1 1 0 の上面 1 1 0 a に光学部材 1 1 1 が形成されている。

2. 面発光型発光素子の動作

本実施の形態の面発光型発光素子 6 0 0 の動作は、第 5 の実施の形態の面発光型発光素子 5 0 0 と基本的に同様である。また、本実施の形態の面発光型発光素子 6 0 0 は、半導体基板 1 0 1 と土台部材 1 1 0 との間に光路調整層 6 3 0 が形成されているため、活性層 3 0 3 にて生じた光は、下部ミラー 1 0 2 および半導体基板 1 0 1 を経て光路調整層 6 3 0 へと入射した後出射面 6 0 8 へと到達し、

この出射面 6 0 8 から出射する。出射面 6 0 8 から出射した光は、土台部材 1 1 0 を通過した後光学部材 1 1 1 へと入射した後、この光学部材 1 1 1 によって放射角が調整された後、半導体基板 1 0 1 と垂直方向（図 2 3 に示す - Z 方向）へと出射する。

3. 面発光型発光素子の製造方法

本発明を適用した第 6 の実施の形態に係る面発光型発光素子 6 0 0 は、第 1 電極 1 0 7 と第 2 電極 1 0 9 とを同じ側に形成する点、半導体基板 1 0 1 の裏面 1 0 1 b に凹部 3 2 1 を形成し、凹部 3 2 1 に光路調整層 6 3 0 を形成する点を除いて、第 5 の実施の形態に係る面発光型発光素子 5 0 0 と同様の製造プロセスにより形成される。よって、詳しい説明は省略する。

4. 作用効果

本実施の形態に係る面発光型発光素子 6 0 0 およびその製造方法は、第 1 の実施の形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 およびその製造方法と実質的に同じ作用および効果を有する。さらに、本実施の形態に係る面発光型発光素子 6 0 0 およびその製造方法では、以下に示す作用および効果を有する。

【0 1 4 9】

本実施の形態に係る面発光型発光素子 6 0 0 によれば、半導体基板 1 0 1 と土台部材 1 1 0 との間に光路調整層 6 3 0 が形成されていることにより、出射光の放射角の制御をより自由度が高い状態で行なうことが可能になる。すなわち、光路調整層 6 3 0 を形成するための材料を適宜選択することにより、光路調整層 6 3 0 の屈折率を調整することができる。これにより、出射光の放射角の制御をより高い自由度で行なうことができる。

【0 1 5 0】

〔第 7 の実施の形態〕

1. 面発光型発光素子の構造

図 2 4 は、本発明を適用した第 7 の実施の形態に係る面発光型発光素子 7 0 0 を模式的に示す断面図である。図 2 5 は、図 2 4 の B - B 線における断面を示す図である。なお、本実施の形態においては、面発光型発光素子として半導体紫外発光ダイオード（以下、「紫外 LED」ともいう）を用いた場合について説明す

る。また、第 1 の実施の形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 と実質的に同じ構成要素には同一符号を付して、その詳細な説明を省略する。

【 0 1 5 1 】

この実施の形態の面発光型発光素子 7 0 0 は、図 2 4 に示すように、サファイア基板 7 0 1 と、サファイア基板 7 0 1 上に形成された発光素子部 7 0 2 とを含む。この面発光型発光素子 7 0 0 においては、この発光素子部 7 0 2 によって紫外光が発生する。

【 0 1 5 2 】

発光素子部 7 0 2 は、例えば、サファイア基板 7 0 1 上に形成された n 型 GaN 層からなるバッファ層 7 2 2、n 型 GaN 層からなるコンタクト層 7 2 3、n 型 Al GaN 層からなるクラッド層 7 2 4、GaN 層を少なくとも 1 層含み、発光層として機能する活性層 7 2 5、p 型 Al GaN 層からなるクラッド層 7 2 6、および p 型 GaN 層からなるコンタクト層 7 2 7 が順次積層されて構成されている。

【 0 1 5 3 】

n 型 GaN 層からなるコンタクト層 7 2 3、不純物がドーピングされていない活性層 7 2 5、および p 型 GaN 層からなるコンタクト層 7 2 7 により、pin ダイオードが形成される。

【 0 1 5 4 】

また、発光素子部 7 0 2 のうち出射面 7 0 8 側からコンタクト層 7 2 3 の途中にかけての部分が、出射面 7 0 8 側からから見て円形の形状にエッチングされて柱状部 7 3 0 が形成されている。本実施の形態においては、柱状部 7 3 0 とは、発光素子部 7 0 2 の一部を構成する柱状の半導体堆積体をいう。なお、柱状部 7 3 0 の平面形状は任意の形状をとることが可能である。

【 0 1 5 5 】

絶縁層 7 0 6 は、柱状部 7 3 0 の側面ならびにコンタクト層 7 2 3 の上面を覆うように形成されている。したがって、柱状部 7 3 0 の側面は絶縁層 7 0 6 で取り囲まれている。

【 0 1 5 6 】

さらに、柱状部 7 3 0 の上面から絶縁層 7 0 6 の表面にかけては、第 1 電極 7 0 7 が形成されている。柱状部 7 3 0 の上面には出射面 7 0 8 が設置されており、この出射面 7 0 8 から光が出射する。すなわち、柱状部 7 3 0 の上面のうち第 1 電極 7 0 7 で覆われていない部分が出射面 7 0 8 に該当する。また、絶縁層 7 0 6 の一部が除去されてコンタクト層 7 2 3 が露出しており、この露出したコンタクト層 7 2 3 の表面に接触する形で第 2 電極 7 0 9 が形成されている。

【 0 1 5 7 】

絶縁層 7 0 6、ならびに第 1 および第 2 電極 7 0 7、7 0 9 としては、前述した第 1 ～第 6 の実施の形態の面発光型発光素子を構成する絶縁層 1 0 6、ならびに第 1 および第 2 電極 1 0 7、1 0 9 と同様の材料を用いて形成することができる。

【 0 1 5 8 】

本実施の形態の面発光型発光素子 7 0 0 においては、出射面 7 0 8 上に土台部材 1 1 0 が形成され、土台部材 1 1 0 の上面 1 1 0 a 上に光学部材 1 1 1 が形成されている。

2. 面発光型発光素子の動作

本実施の形態の面発光型発光素子 7 0 0 の一般的な動作を以下に示す。なお、下記の紫外 L E D の駆動方法は一例であり、本発明の趣旨を逸脱しない限り、種々の変更が可能である。

【 0 1 5 9 】

まず、第 1 電極 7 0 7 と第 2 電極 7 0 9 とで、p i n ダイオードに順方向の電圧を印加すると、活性層 7 2 5 において、電子と正孔との再結合が起こり、係る再結合による発光（紫外光）が生じる。この紫外光は、柱状部 7 3 0 上面にある出射面 7 0 8 から出射した後、土台部材 1 1 0 へと入射する。土台部材 1 1 0 に入射した光は土台部材 1 1 0 を通過して光学部材 1 1 1 に入射し、光学部材 1 1 1 によって放射角が調整された後、半導体基板 1 0 1 に対して垂直方向（図 2 4 に示す Z 方向）へと出射する。

3. 面発光型発光素子の製造方法

次に、本発明を適用した第 7 の実施の形態に係る面発光型発光素子 7 0 0 の製

造方法の一例について説明する。この面発光型発光素子 7 0 0 は、前述の第 1 の実施の形態の面発光型発光素子 1 0 0 と類似する工程にて形成することができる。

【 0 1 6 0 】

(1) まず、サファイア基板 7 0 1 の表面に、n 型 G a N 層からなるバッファ層 7 2 2、n 型 G a N 層からなるコンタクト層 7 2 3、n 型 A l G a N 層からなるクラッド層 7 2 4、G a N 層を少なくとも 1 層含み、発光層として機能する活性層 7 2 5、p 型 A l G a N 層からなるクラッド層 7 2 6、および p 型 G a N 層からなるコンタクト層 7 2 7 からなる多層膜 (図示せず) を結晶成長させる。結晶成長の方法としては、M O C V D 法や M B E 法が例示できる。この際、n 型の層を形成する際には例えば S i を、p 型の層を形成する際には例えば M g をそれぞれドーピングする。あるいは、n 型の層を形成する際に G e を、p 型の層を形成する際には Z n を用いてドーピングすることもできる。また、結晶成長にあたって、例えば特開平 4 - 2 9 7 0 2 3 号公報に開示されている公知技術が利用できる。

【 0 1 6 1 】

次いで、アニール処理を行ない、クラッド層 7 2 6 およびコンタクト層 7 2 7 の各層に含まれる M g を活性化した後、例えばドライエッチング法により、p 型コンタクト層 7 2 7 から n 型コンタクト層 7 2 3 の途中にかけてエッチングを行ない、柱状部 7 3 0 を形成する。

【 0 1 6 2 】

(2) 続いて、柱状部 7 3 0 の周囲に絶縁層 7 0 6 を形成する。この絶縁層 7 0 6 は、第 1 の実施形態における絶縁層 1 0 6 と同様の工程にて形成することができる。なお、この工程において、第 2 電極 7 0 9 をコンタクト層 7 2 3 の上に形成するために、絶縁層 7 0 6 を、コンタクト層 7 2 3 の一部が露出するような形状に形成する。

【 0 1 6 3 】

(3) 次いで、例えば真空蒸着法により、第 1 および第 2 電極 7 0 7、7 0 9 を形成する。この工程によって、柱状部 7 3 0 の上面に出射面 7 0 8 が形成される。なお、この工程においては、リフトオフ法を用いて所望の表面形状を得るこ

とができる。あるいは、ドライエッチング法を用いて第1および第2電極707, 709を形成してもよい。これらの電極を形成後、アニール処理を行ない、オーミックコンタクトを形成する。

【0164】

(4) 次いで、出射面708上に土台部材110を形成した後、土台部材110の上面110a上に光学部材111を形成する。土台部材110および光学部材111の製造方法は、前述した第1の実施の形態の面発光型発光素子100の製造プロセスにて示した方法と同様の方法を用いることができる。あるいは、土台部材110は、前述した第4の実施の形態の面発光型発光素子400の土台部材410(図16参照)と同様に、柱状部730に一体化して形成することもできる。以上の工程により、図24および図25に示す面発光型発光素子700が形成される。

4. 作用効果

本実施の形態に係る面発光型発光素子700およびその製造方法は、第1の実施の形態に係る面発光型発光素子100およびその製造方法と実質的に同じ作用および効果を有する。

【0165】

[第8の実施の形態]

1. 面発光型発光素子の構造

図26は、本発明を適用した第8の実施の形態に係る面発光型発光素子800を模式的に示す断面図である。なお、本実施の形態においては、第1の実施の形態と同様に、面発光型発光素子として面発光型半導体レーザを用いた場合について説明する。

【0166】

本実施の形態に係る面発光型発光素子800は、柱状部130が土台部材としての機能を有する点以外は、第1の実施の形態に係る面発光型発光素子100とほぼ同様の構造を有する。このため、第1の実施の形態に係る面発光型発光素子100と実質的に同じ構成要素には同一符号を付して、その詳細な説明を省略する。

【0167】

この面発光型発光素子800では、図26に示すように、柱状部130が土台部材としての機能を有する。具体的には、柱状部130の上には、第1電極807を介して光学部材811が形成されている。また、絶縁層106の上面が、柱状部130の上面よりも低い位置に設けられており、柱状部130および第1電極807の上に第1電極807がほぼ均一の膜厚で形成されている。これにより、柱状部130に対して、土台部材としての機能を付与させることができる。

【0168】

また、光学部材811の構造、材質および機能は、第1の実施の形態の光学部材111の構造、材質および機能と同様である。

2. 面発光型発光素子の動作

本実施の形態の面発光型発光素子800の動作は、第1の実施の形態の面発光型発光素子100と基本的に同様であるため、詳しい説明は省略する。

3. 面発光型発光素子の製造方法

本実施の形態に係る面発光型発光素子800の製造方法は、柱状部130の上面上に光学部材811を形成する以外は、第1の実施形態に係る面発光型発光素子100の製造方法と同様である。なお、第1の実施の形態の光学部材111と同様の方法によって、柱状部130を土台部材として用いることにより、柱状部130の上面上に光学部材811を形成することができる。その他の工程については、詳しい説明は省略する。

4. 作用効果

本実施の形態に係る面発光型発光素子800およびその製造方法は、第1の実施の形態に係る面発光型発光素子100およびその製造方法と実質的に同じ作用および効果を有する。さらに、本実施の形態に係る面発光型発光素子200およびその製造方法は、以下に示す作用および効果を有する。

【0169】

光学部材811は、柱状部130を土台部材として用いることにより形成される。これにより、土台部材を別途形成する必要がない。これにより、製造プロセスの簡略化を図ることができる。

【0170】

[第9の実施の形態]

図27は、本発明を適用した第9の実施の形態に係る光モジュールを模式的に説明する図である。本実施の形態に係る光モジュールは、構造体1000（図27参照）を含む。この構造体1000は、第1の実施の形態に係る面発光型発光素子100（図1参照）、プラットフォーム1120、第1の光導波路1130およびアクチュエータ1150を有する。また、この構造体1000は、第2の光導波路1302を有する。第2の光導波路1302は、基板1300の一部をなす。第2の光導波路1302には、接続用光導波路1304を光学的に接続してもよい。接続用光導波路1304は、光ファイバであってもよい。また、プラットフォーム1120は、樹脂1306によって、基板1300に固定されている。

【0171】

本実施の形態の光モジュールでは、面発光型発光素子100（出射面108・図1参照）から光が出射した後、第1および第2の光導波路1130、1302（および接続用光導波路1304）を通して、受光素子（図示せず）にこの光を受光させる。

【0172】

[第10の実施の形態]

図28は、本発明を適用した第10の実施の形態に係る光伝達装置を説明する図である。本実施の形態では、第1の光導波路1130と受光素子220との間に、複数の第3の光導波路1230、1310、1312を有する。また、本実施の形態に係る光伝達装置は、複数（2つ）の基板1314、1316を有する。

【0173】

本実施の形態では、面発光型発光素子100側の構成（面発光型発光素子100、プラットフォーム1120、第1の光導波路1130、第2の光導波路1318、アクチュエータ1150を含む。）と、受光素子220側の構成（受光素子220、プラットフォーム1220、第3の光導波路1230、1310を含

む。)との間に、第3の光導波路1312が配置されている。第3の光導波路1312として、光ファイバなどを使用して、複数の電子機器間の光伝達を行なうことができる。

【0174】

例えば、図30において、光伝達装置1100は、コンピュータ、ディスプレイ、記憶装置、プリンタ等の電子機器1102を相互に接続するものである。電子機器1102は、情報通信機器であってもよい。光伝達装置1100は、光ファイバ等の第3の光導波路1312を含むケーブル1104を有する。光伝達装置1100は、ケーブル1104の両端にプラグ1106が設けられたものであってもよい。それぞれのプラグ1106内に、面発光型発光素子100、受光素子220側の構成が設けられる。いずれかの電子機器1102から出力された電気信号は、発光素子によって光信号に変換され、光信号はケーブル1104を伝わり、受光素子によって電気信号に変換される。電気信号は、他の電子機器1102に入力される。こうして、本実施の形態に係る光伝達装置1100によれば、光信号によって、電子機器1102の情報伝達を行なうことができる。

【0175】

図31は、本発明を適用した実施の形態に係る光伝達装置の使用形態を示す図である。光伝達装置1112は、電子機器1110間を接続する。電子機器1110として、液晶表示モニター又はデジタル対応のCRT（金融、通信販売、医療、教育の分野で使用されることがある。）、液晶プロジェクタ、プラズマディスプレイパネル（PDP）、デジタルTV、小売店のレジ（POS（Point of Sale Scanning）用）、ビデオ、チューナー、ゲーム装置、プリンタ等が挙げられる。

【0176】

なお、第8および第10の実施の形態（図27～図30参照）において、面発光型発光素子100のかわりに、面発光型発光素子190（図12参照）、180（図13参照）、200（図14参照）、300（図15参照）、400（図16参照）、500（図22参照）、600（図23参照）、700（図24参照）、800（図26参照）を用いた場合でも、同様の作用および効果を奏するこ

とができる。

【 0 1 7 7 】

すなわち、本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば、本発明は、実施の形態で説明した構成と実質的に同一の構成（例えば、機能、方法および結果が同一の構成、あるいは目的および結果が同一の構成）を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成の本質的でない部分を置き換えた構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成と同一の作用効果を奏する構成又は同一の目的を達成することができる構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成に公知技術を付加した構成を含む。

【 0 1 7 8 】

例えば、上記実施の形態では、柱状部を一つ有する面発光型発光素子について説明したが、基板面内で柱状部が複数個設けられていても本発明の形態は損なわれない。また、複数の面発光型発光素子がアレイ化されている場合でも、同様の作用および効果を有する。

【 0 1 7 9 】

また、例えば、上記実施の形態において、各半導体層における p 型と n 型とを入れ替えても本発明の趣旨を逸脱するものではない。上記実施の形態では、AlGaAs 系のものについて説明したが、発振波長に応じてその他の材料系、例えば、GaInP 系、ZnSSe 系、InGaN 系、AlGaN 系、InGaAs 系、GaInNAs 系、GaAsSb 系の半導体材料を用いることも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明を適用した第 1 の実施の形態に係る面発光型発光素子を模式的に示す断面図である。

【図 2】 本発明を適用した第 1 の実施の形態に係る面発光型発光素子を模式的に示す平面図である。

【図 3】 図 1 および図 2 に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す断面図である。

【図 4】 図 1 および図 2 に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す断面図である。

【図 5】 図 1 および図 2 に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す断面図である。

【図 6】 図 1 および図 2 に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す断面図である。

【図 7】 図 1 および図 2 に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す断面図である。

【図 8】 図 1 および図 2 に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す断面図である。

【図 9】 図 1 および図 2 に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す断面図である。

【図 1 0】 図 1 および図 2 に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す断面図である。

【図 1 1】 図 1 および図 2 に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す断面図である。

【図 1 2】 図 1 および図 2 に示す面発光型発光素子の一変形例を模式的に示す断面図である。

【図 1 3】 図 1 および図 2 に示す面発光型発光素子の他の一変形例を模式的に示す断面図である。

【図 1 4】 本発明を適用した第 2 の実施の形態に係る面発光型発光素子を模式的に示す平面図である。

【図 1 5】 本発明を適用した第 3 の実施の形態に係る面発光型発光素子を模式的に示す平面図である。

【図 1 6】 本発明を適用した第 4 の実施の形態に係る面発光型発光素子を模式的に示す平面図である。

【図 1 7】 図 1 6 に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す断面図である。

【図 1 8】 図 1 6 に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す断

面図である。

【図 1 9】 図 1 6 に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す断面図である。

【図 2 0】 図 1 6 に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す断面図である。

【図 2 1】 図 1 6 に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す断面図である。

【図 2 2】 本発明を適用した第 5 の実施の形態に係る面発光型発光素子を模式的に示す断面図である。

【図 2 3】 本発明を適用した第 6 の実施の形態に係る面発光型発光素子を模式的に示す断面図である。

【図 2 4】 本発明を適用した第 7 の実施の形態に係る面発光型発光素子を模式的に示す断面図である。

【図 2 5】 本発明を適用した第 7 の実施の形態に係る面発光型発光素子を模式的に示す平面図である。

【図 2 6】 本発明を適用した第 8 の実施の形態に係る面発光型発光素子を模式的に示す断面図である。

【図 2 7】 本発明を適用した第 9 の実施の形態に係る光モジュールを模式的に示す図である。

【図 2 8】 本発明を適用した第 1 0 の実施の形態に係る光伝達装置を示す図である。

【図 2 9】 本発明を適用した第 1 0 の実施の形態に係る光伝達装置を示す図である。

【図 3 0】 本発明を適用した第 1 0 の実施の形態に係る光伝達装置の使用形態を示す図である。

【図 3 1】 出射面から光学部材の頂点までの距離と、光学部材の曲率半径との関係を示す図である。

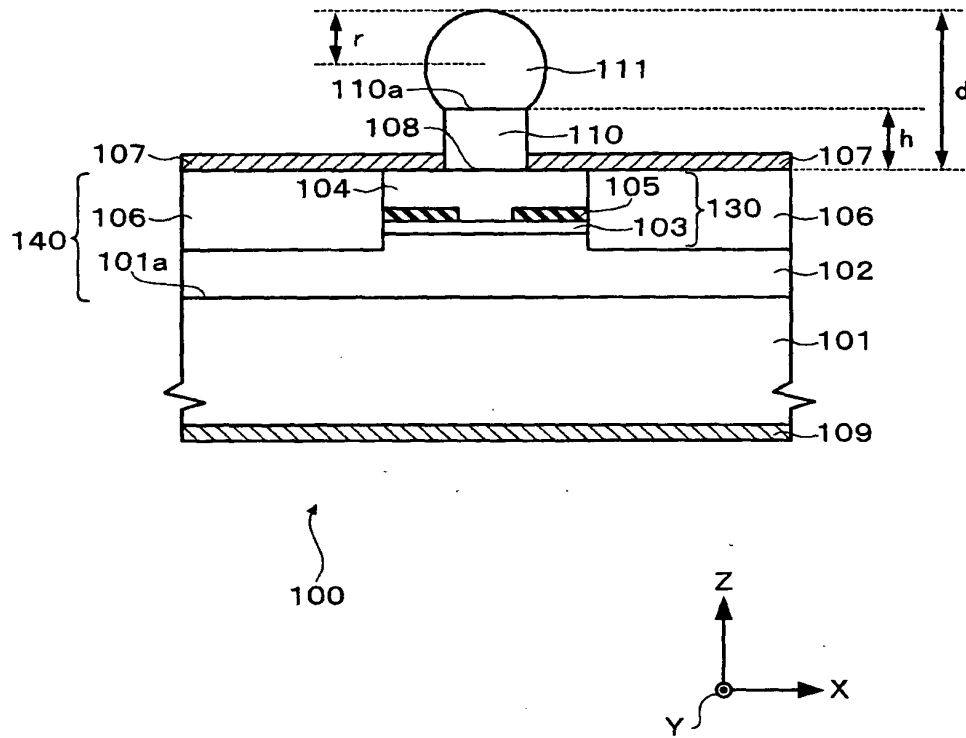
【符号の説明】

1 0 0, 1 8 0, 1 9 0, 2 0 0, 3 0 0, 4 0 0, 5 0 0, 6 0 0, 7 0 0

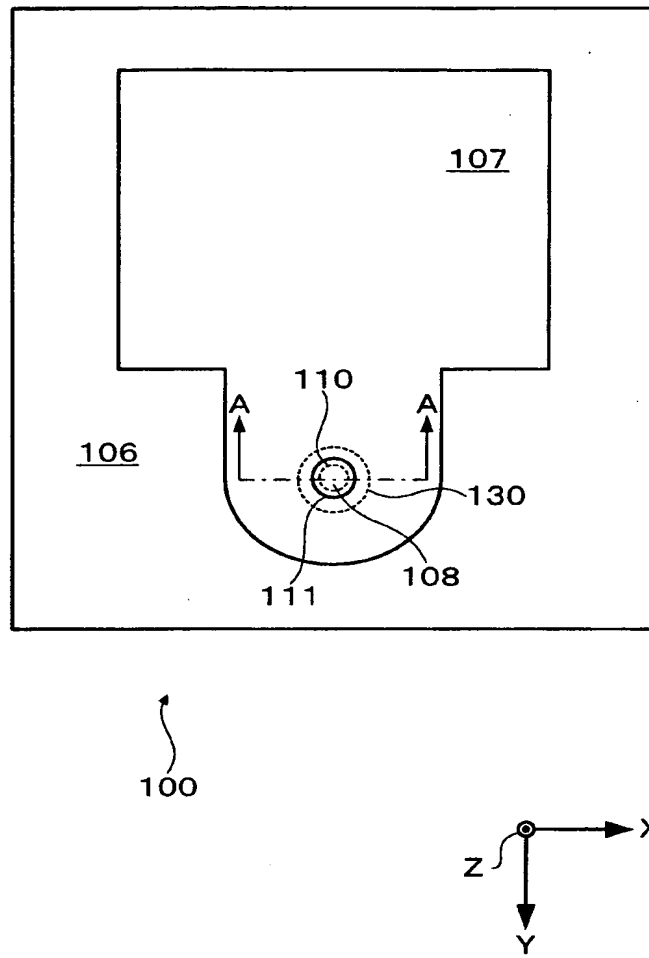
、800 面発光型発光素子、101 半導体基板、101a 半導体基板の表面、101b 半導体基板の裏面、102 下部ミラー、103、303、725 活性層、104 上部ミラー、105 酸化狭窄層、106、706 絶縁層、107、707、807 第1電極、108、508、608、708 出射面、109、709 第2電極、110、210、310、410、910 土台部材、110a、210a、310a、910a 土台部材の上面 110b、樹脂層 210b、310b 土台部材の側面、310c 土台部材の上部、111、211、311、811、911 光学部材、111a 液滴、111b 光学部材前駆体、112 ノズル、113 エネルギー線、120 インクジェットヘッド、130、530 柱状部、131 封止材、140 共振器、150 半導体多層膜、220 受光素子、321 凹部、410a 半導体層、630 光路調整層、701 サファイア基板、701a サファイア基板の表面、702 発光素子部、722 バッファ層、723 コンタクト層、724 クラッド層、726 クラッド層、727 コンタクト層、1000 構造体、1100、1112 光伝達装置、1110、1102 電子機器、1104 ケーブル、1106 プラグ、1120、1220 プラットフォーム、1130 第1の光導波路、1150 アクチュエータ、1152 クッション、1154 エネルギー供給源、1230、1310、1312 第3の光導波路、1300 基板、1302、1318 第2の光導波路、1304 接続用光導波路、1306 樹脂、1314、1316 基板、R100、R200、R110、R210 レジスト

【書類名】 図面

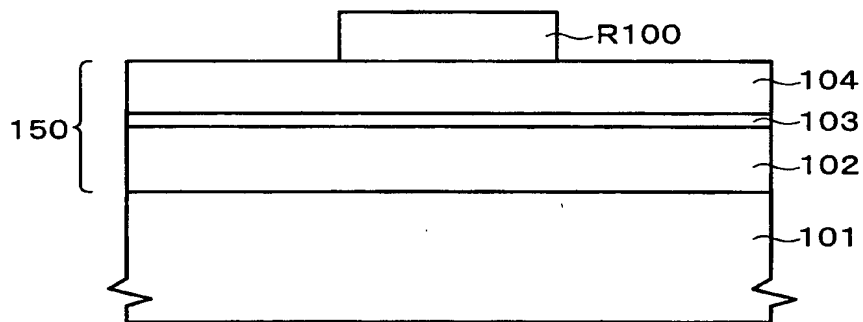
【図1】



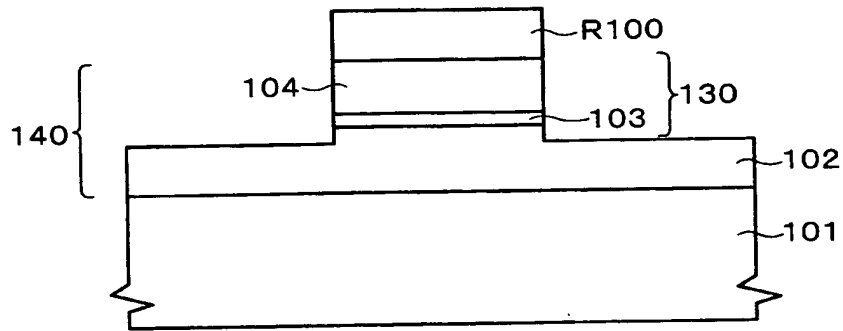
【図 2】



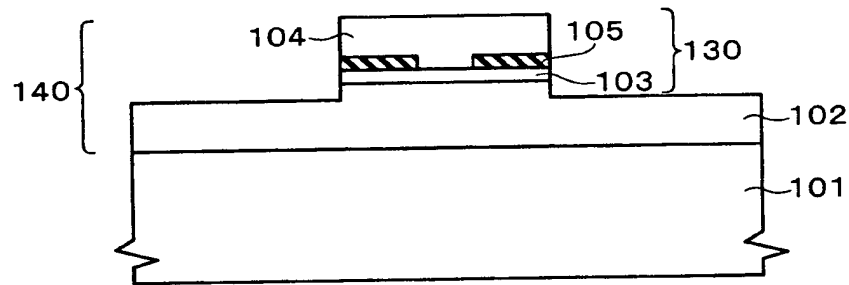
【図 3】



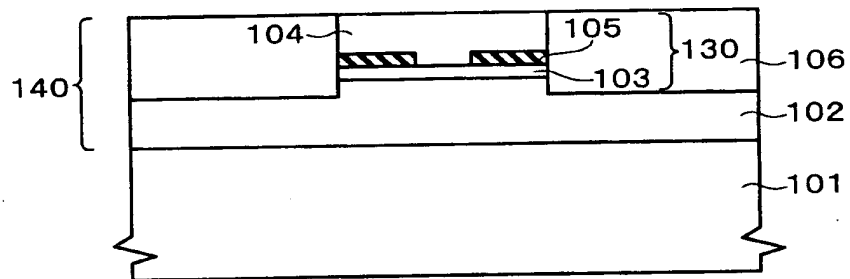
【図4】



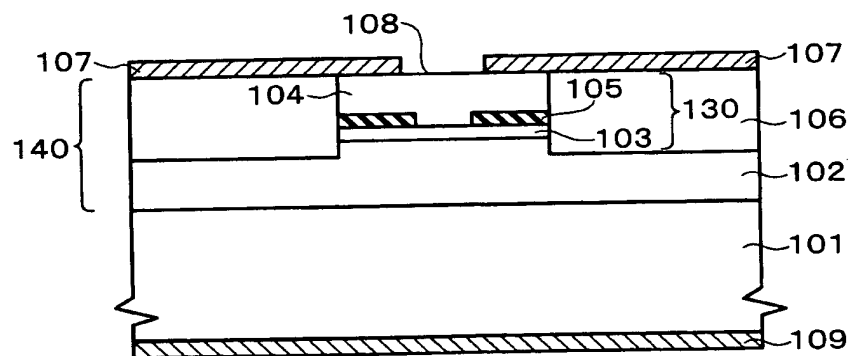
【图 5】



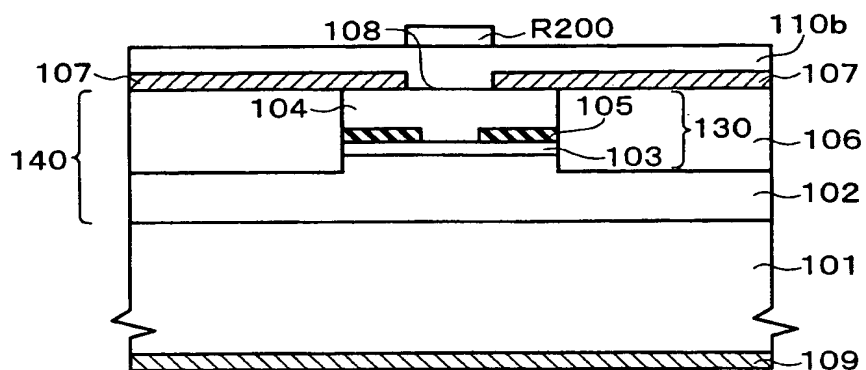
【图 6】



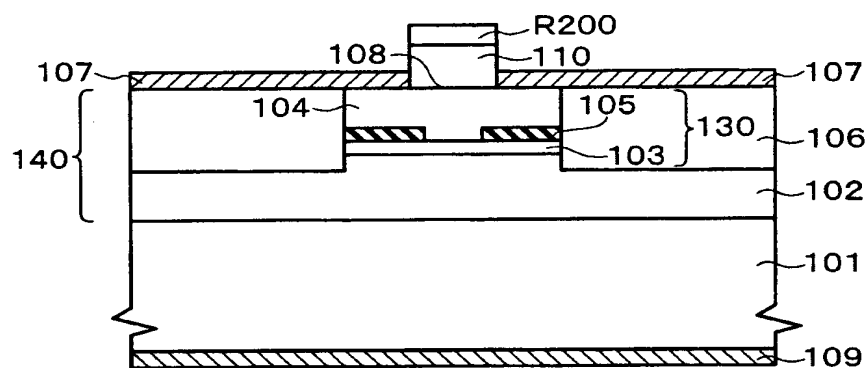
【図 7】



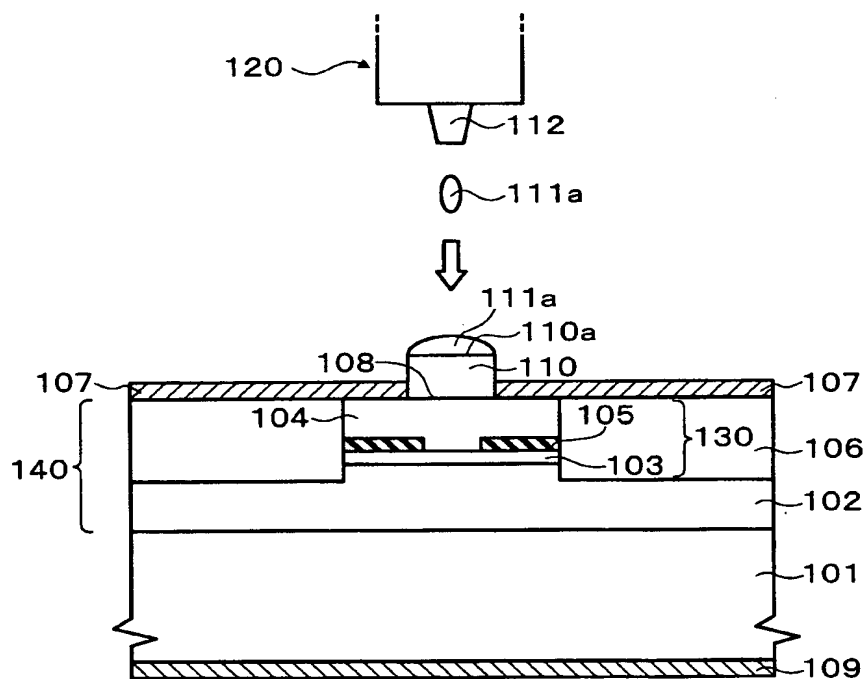
【図 8】



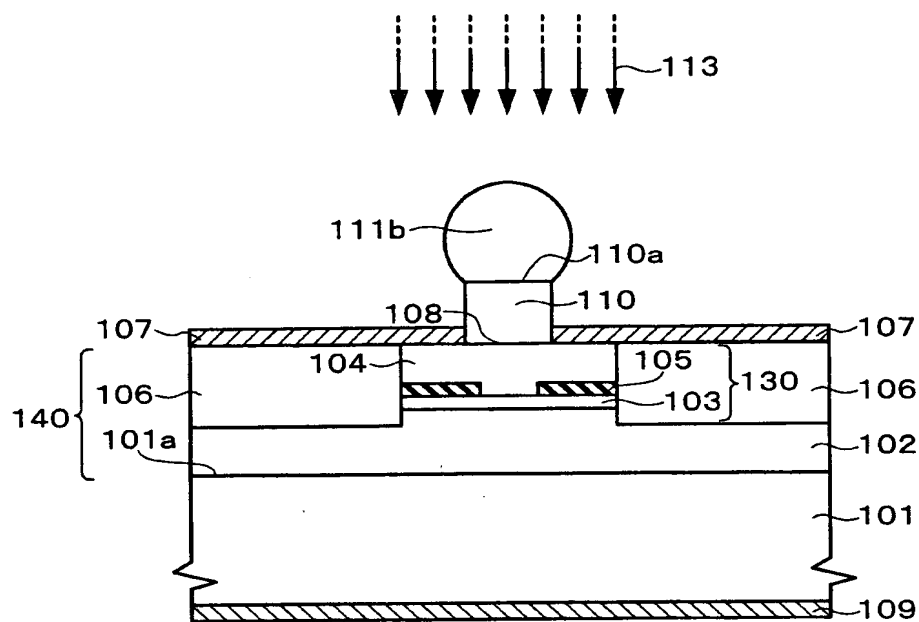
【図 9】



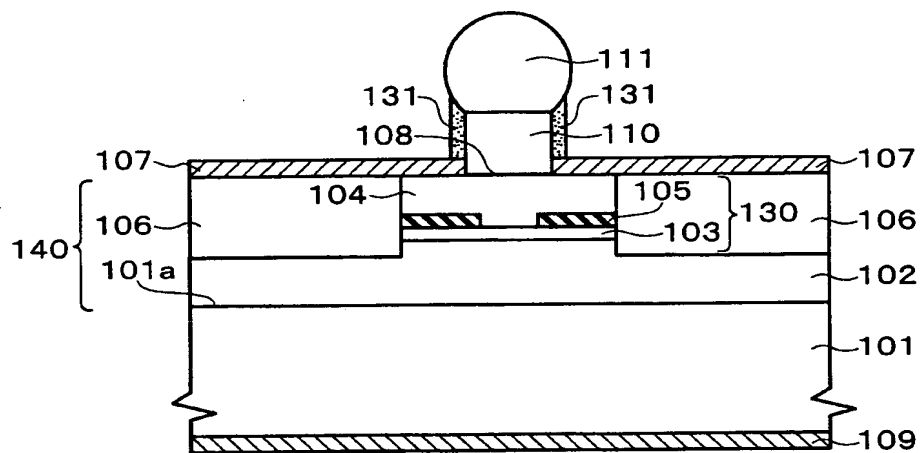
【図 10】



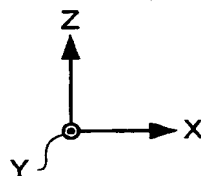
【図 1 1】



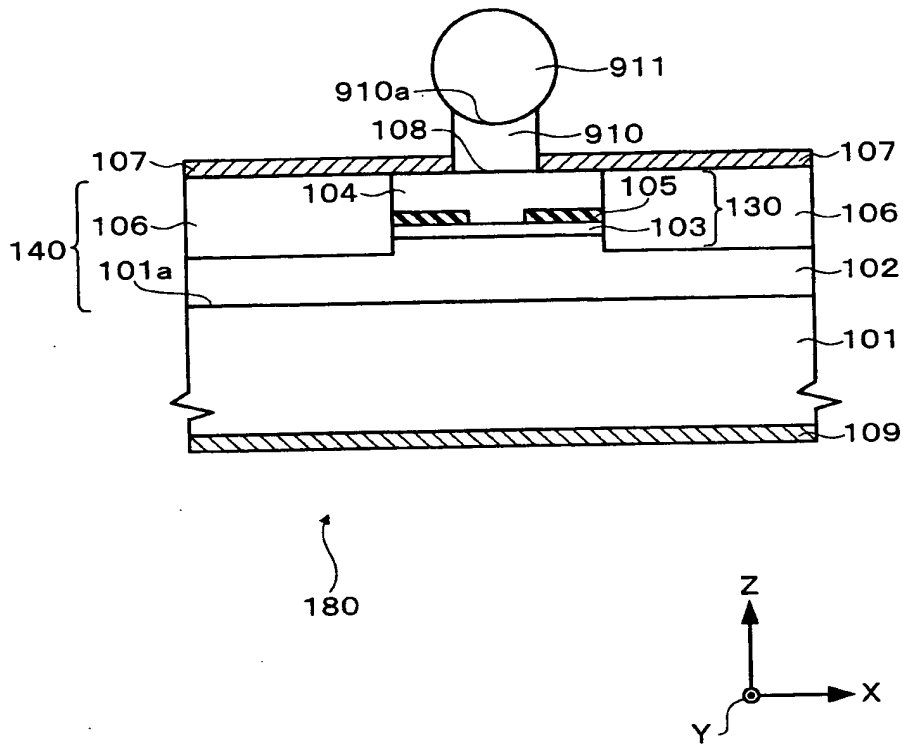
【図 12】



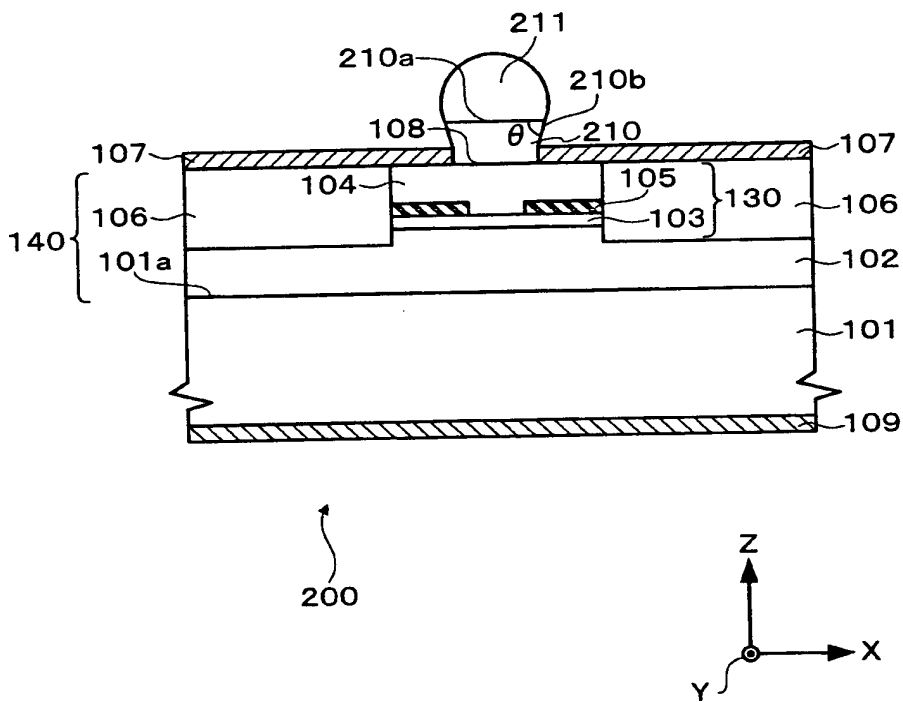
190



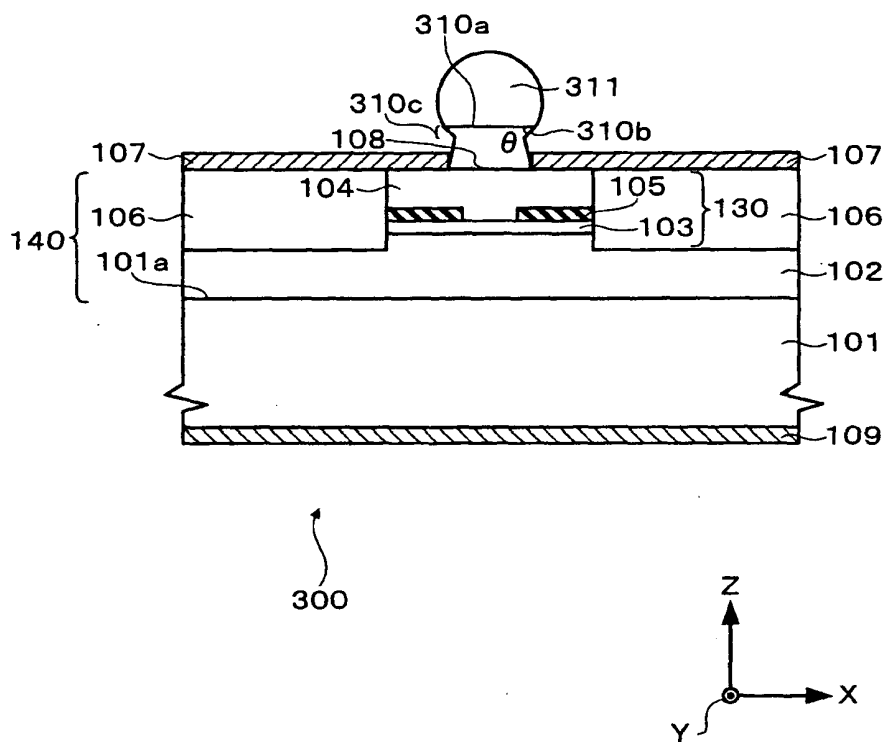
【図13】



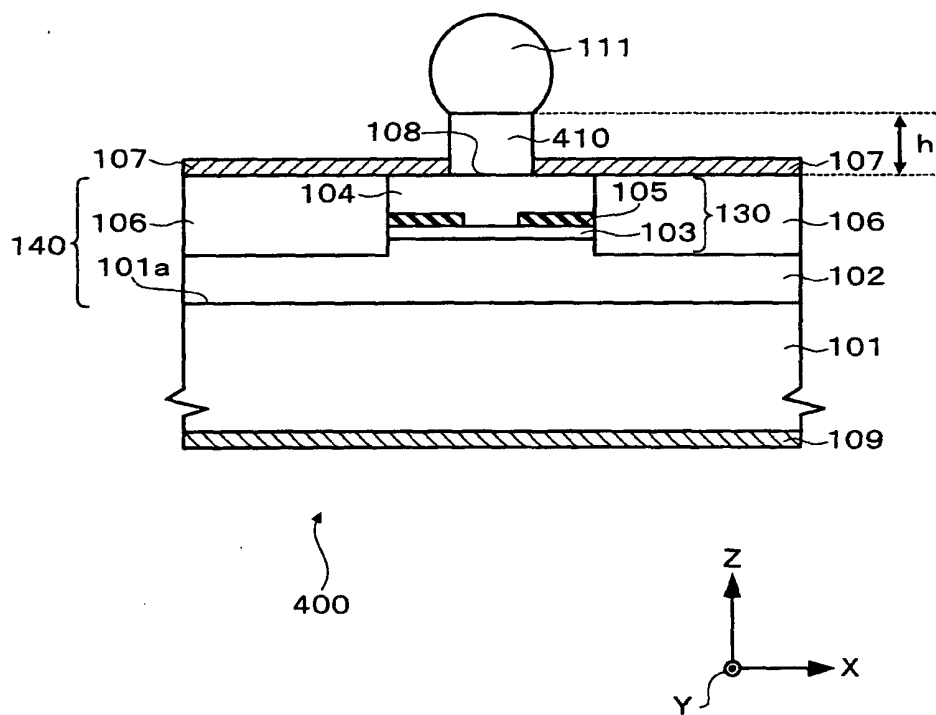
【図14】



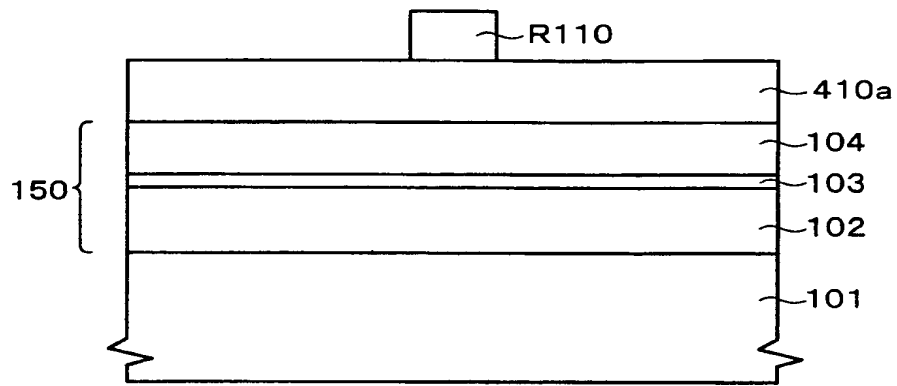
【図15】



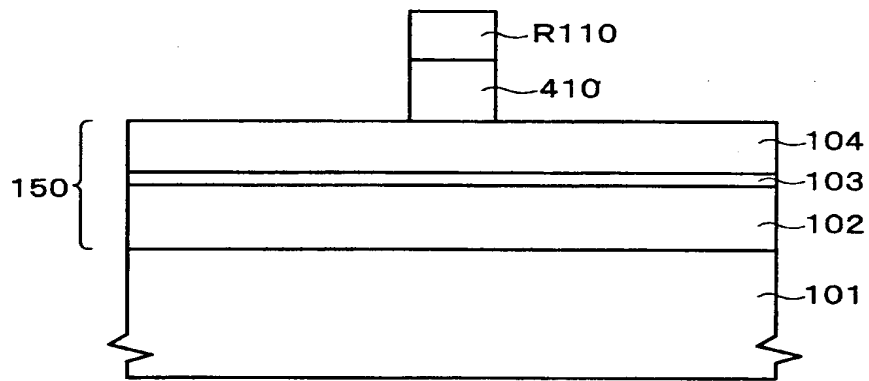
【図16】



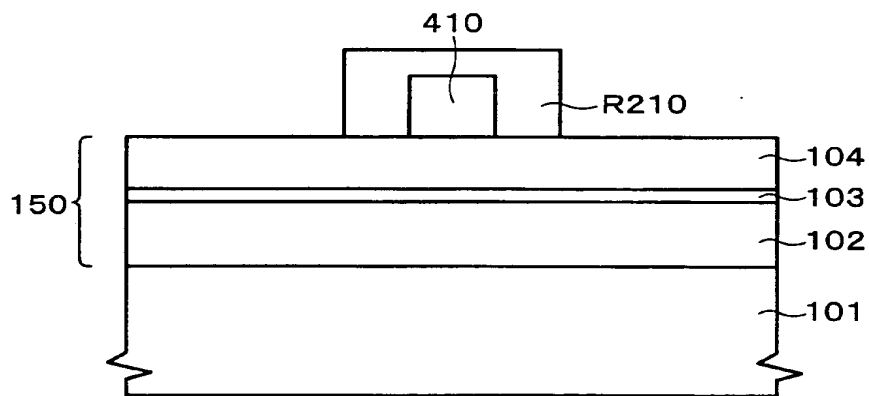
【図 1 7】



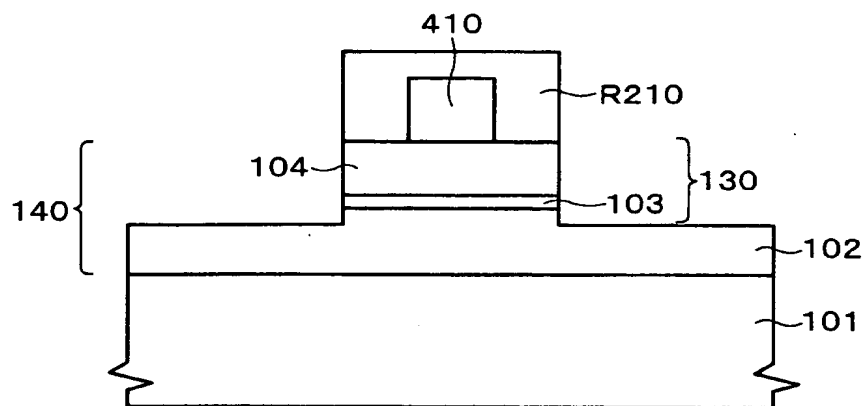
【図 1 8】



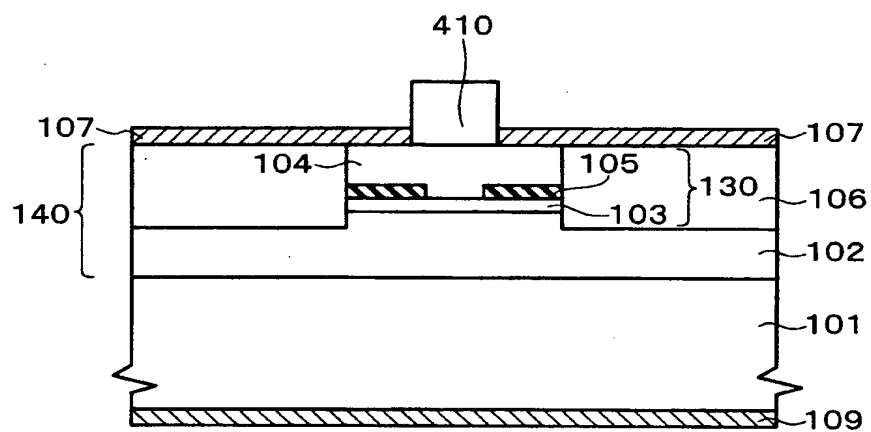
【図 1 9】



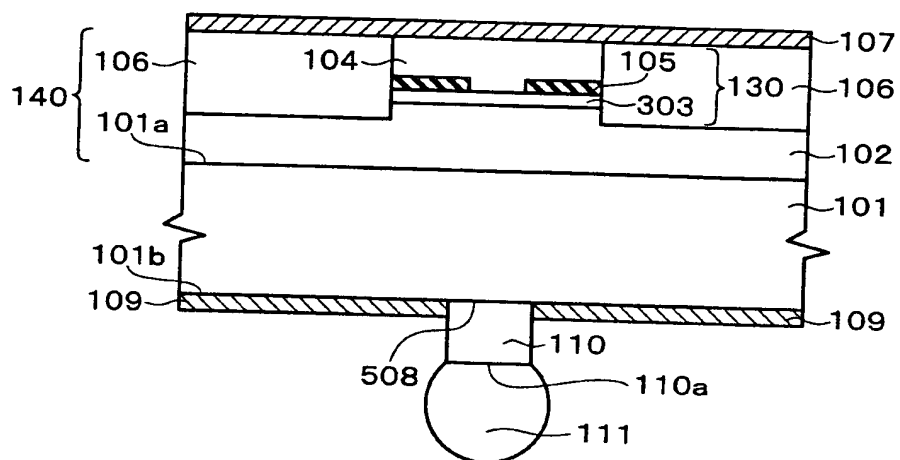
【図 20】



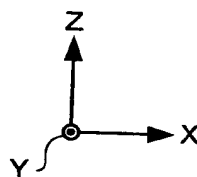
【図 21】



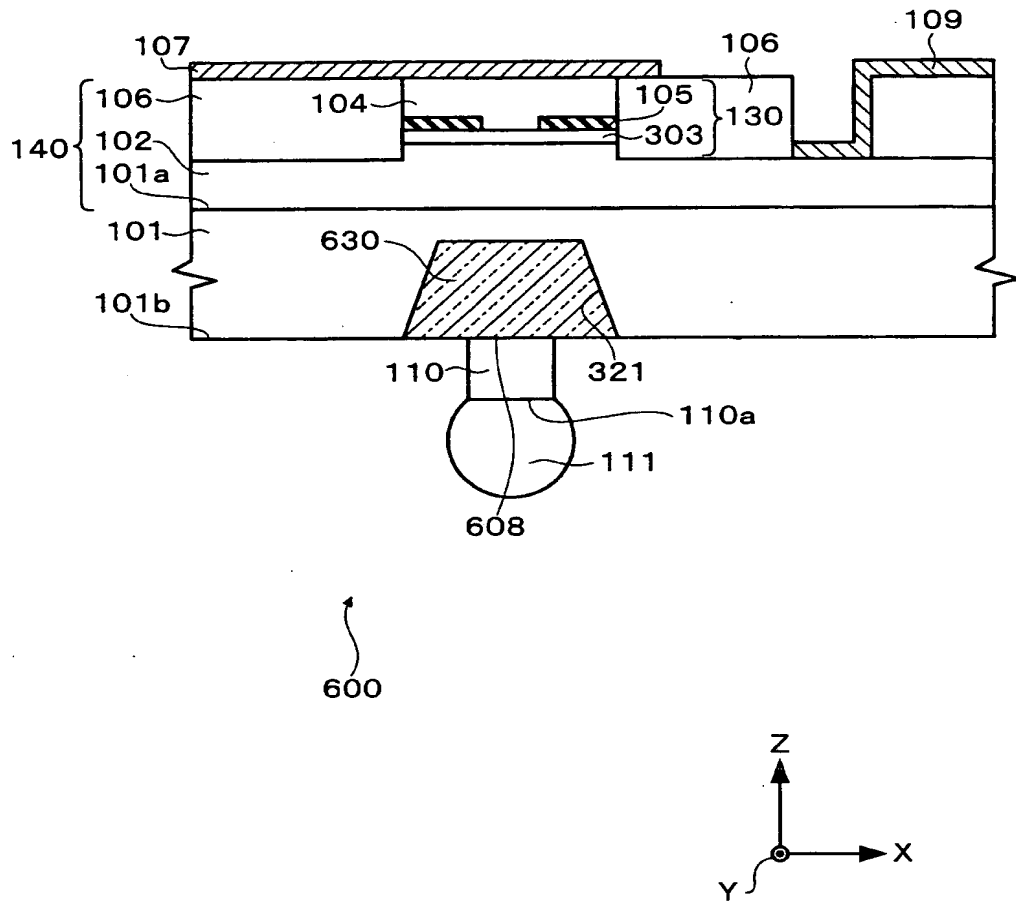
【図 22】



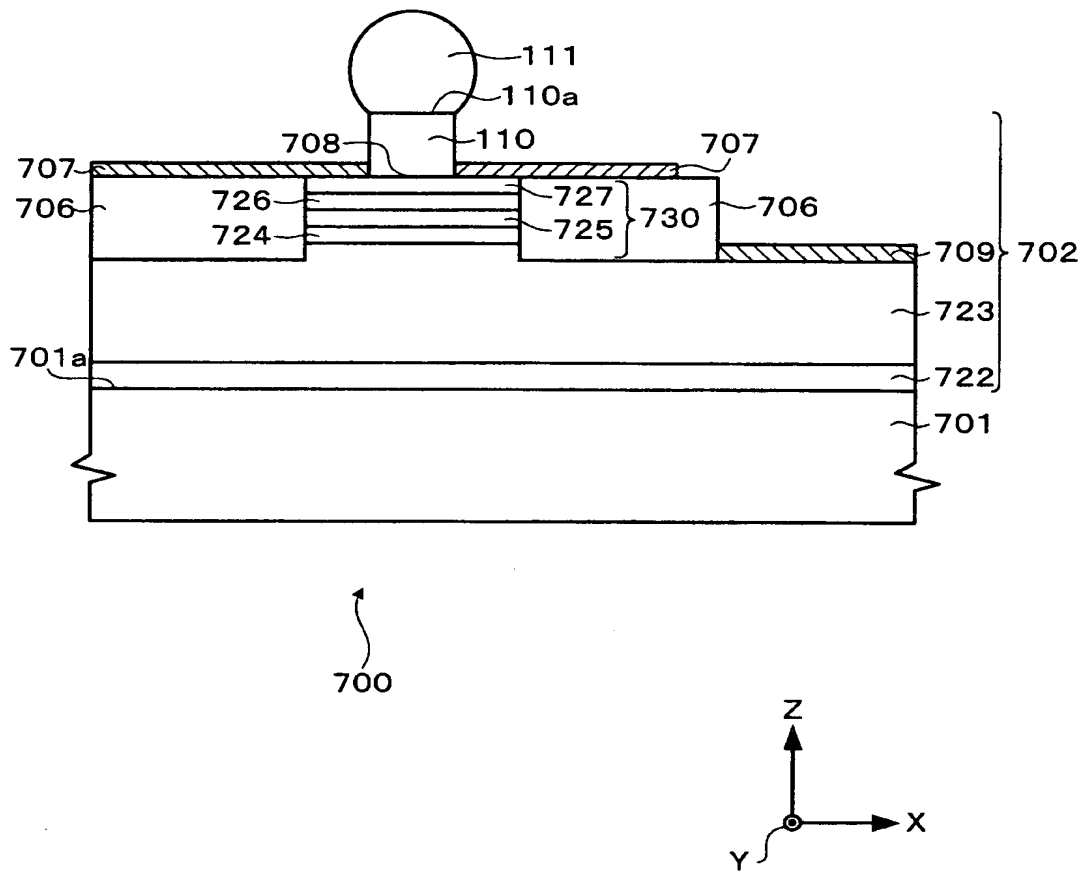
500



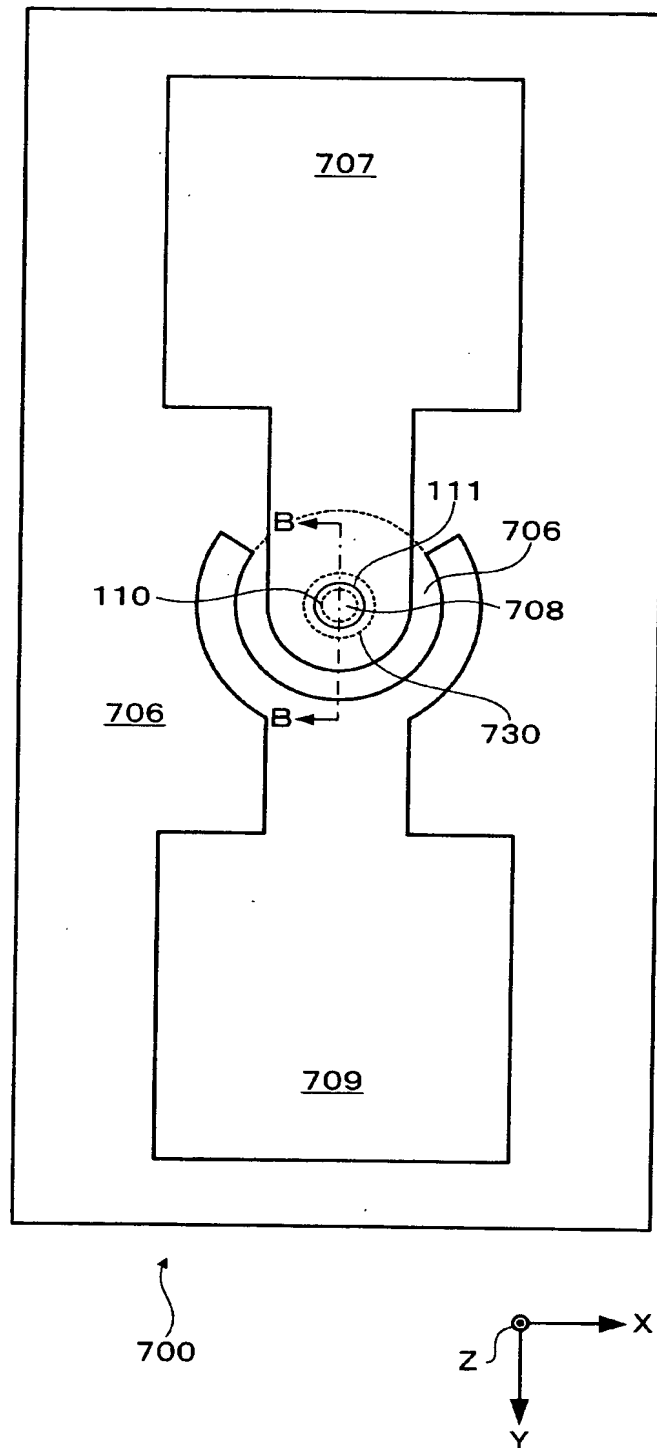
【図 23】



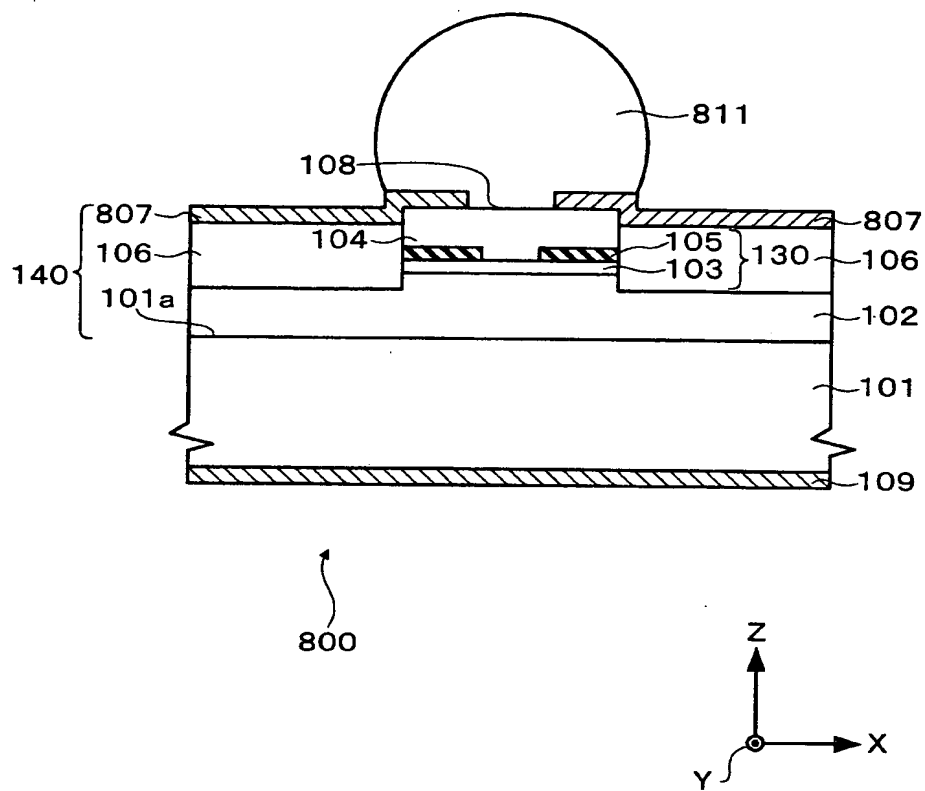
【図 2 4】



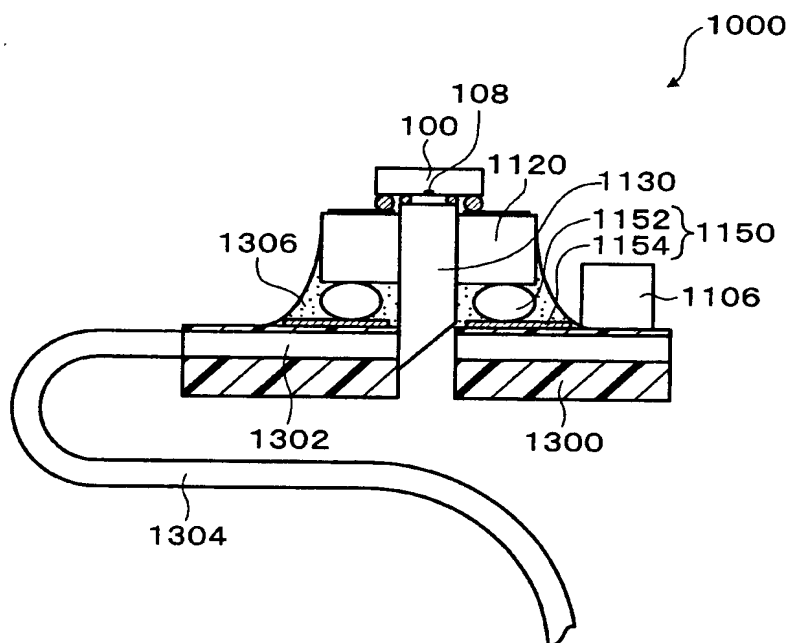
【図 2 5】



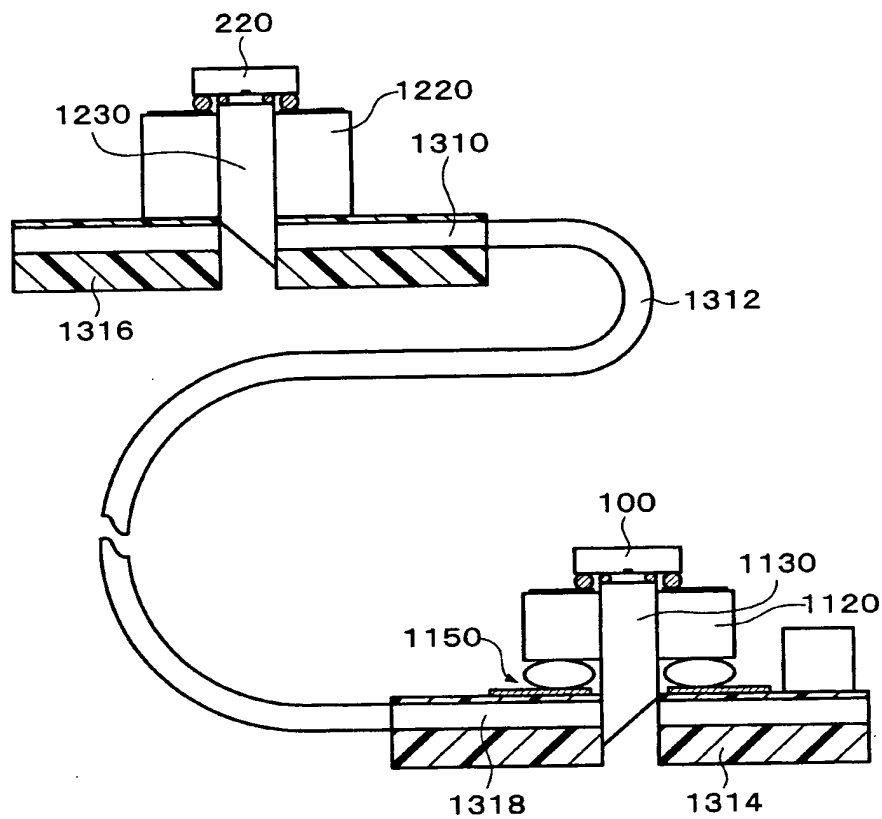
【図 2 6】



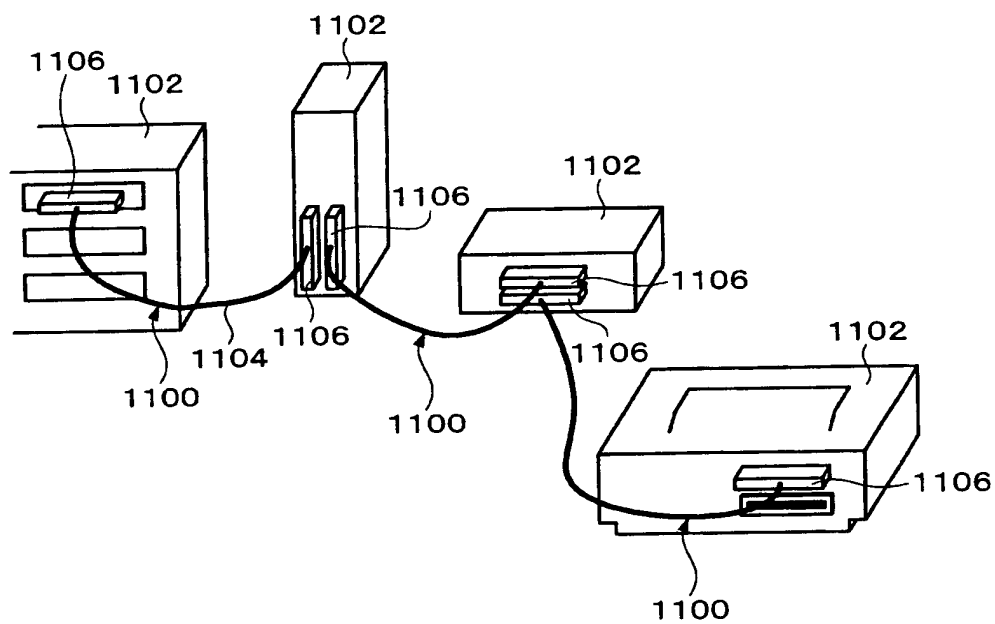
【図 2 7】



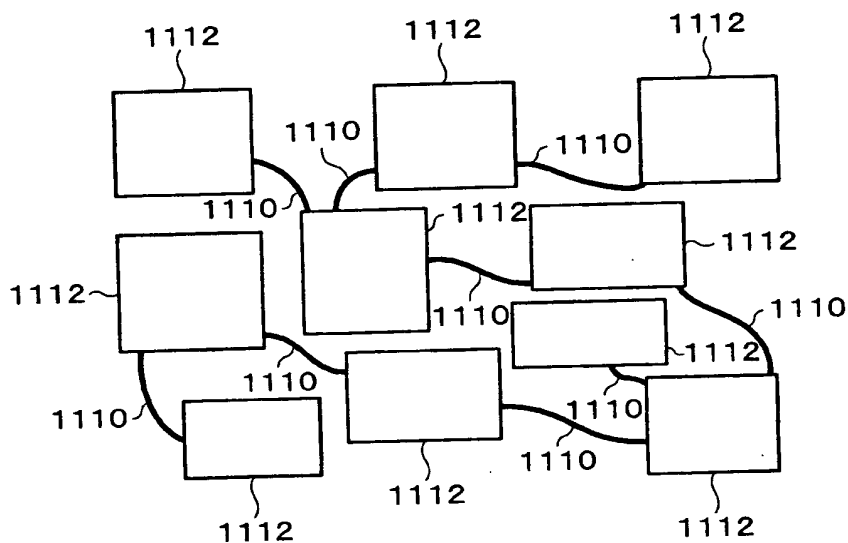
【図 28】



【図 29】

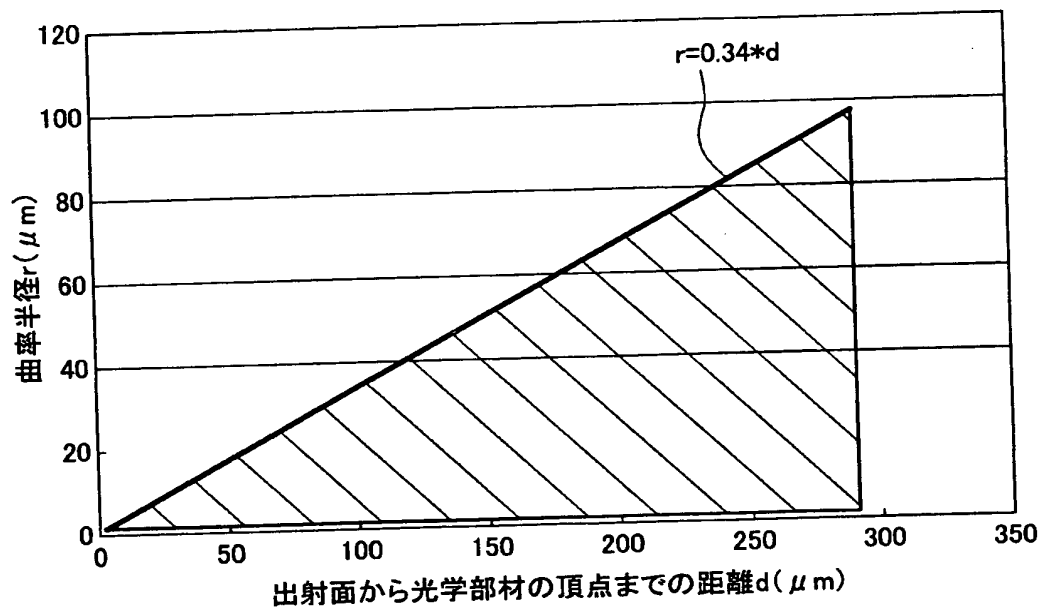


【図30】



【図31】

集光可能な光学部材の形状



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 設置位置、形状および大きさが良好に制御された光学部材を含む面発光型発光素子およびその製造方法、ならびに該面発光型発光素子を含む光モジュールおよび光伝達装置を提供する。

【解決手段】 本発明の面発光型発光素子 1 0 0 は、基体と垂直方向に光を出射でき、前記光が出射する出射面 1 0 8 と、出射面 1 0 8 上に設けられた土台部材 1 1 0 と、土台部材 1 1 0 の上面 1 1 0 a 上に設けられた光学部材 1 1 1 と、を含む。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002369]

1. 変更新月日 1990年 8月20日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
氏 名 セイコーエプソン株式会社